

**REDUCCION DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE ENVASADO DEL  
YOGURT PUREPAK DE 210 g EN LA MAQUINA NIMCO EN UNA EMPRESA  
DE LACTEOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS  
SIGMA**

**VICTORIA DIAGO OROZCO**

**VALERIA MERCADO JARAMILLO**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**BARRANQUILLA**

**2013**

**REDUCCION DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE ENVASADO DEL  
YOGURT PUREPAK DE 210 g EN LA MAQUINA NIMCO EN UNA EMPRESA  
DE LACTEOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SEIS  
SIGMA**

**VICTORIA DIAGO OROZCO**

**VALERIA MERCADO JARAMILLO**

**Trabajo de grado presentado para obtener el título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Asesor**

**Ing. Heriberto Alexander Felizzola Jiménez**

**Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**BARRANQUILLA**

**2013**



## **NOTA DE ACEPTACION**

**Nota de aceptación**

---

**Asesor de trabajo de grado**

**Ing. Heriberto Felizzola Jiménez**

---

**Jurado N° 1**

**Ing. Santiago Nieto Isaza**

---

**Jurado N° 2**

**Ing. Carlos Bocanegra Bustamante**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos la sabiduría y fortaleza para cumplir nuestros objetivos, a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional.

Al Ingeniero Heriberto Felizzola Jiménez quien nos guió en la realización de este proyecto y nos brindó las herramientas necesarias para este trabajo.

A todas las personas que de alguna y otra forma siempre apoyaron nuestro proceso.

Muchas gracias!!

## RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es aplicar la herramienta Seis sigma en el proceso de envasado de yogurt Purepak, de la empresa Coolechera Ltda. por medio de la metodología DMIAC para reducir las unidades no conformes generadas por el proceso e incrementar la productividad. El aplicar esta metodología permitirá identificar la situación problema en el proceso de envasado además de conocer las especificaciones del proceso y del cliente para el producto final, luego de esto definir las variables de entrada y salida que intervienen en el proceso y la forma en que afectan la consecución de los requerimientos del proceso y del cliente en el producto. Conocer el comportamiento de las variables del proceso por medio de mediciones de datos y análisis estadísticos de los mismos para poder determinar las causas directas de la situación problema. Todo lo anterior con el objetivo de proponer estrategias de mejora para la capacidad del proceso, así como su medio de control para asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas.

El grupo de trabajo pudo desarrollar las etapas del ciclo DMAIC y con esto alcanzar los objetivos planteados al inicio del proyecto. De esta manera es posible resaltar la importancia de estos proyectos dentro de las empresas y en el desarrollo de los futuros profesionales que ingresa a la industria, permitiendo con esto la aplicación de los conocimientos y la obtención de experiencia dentro del campo en el que se desempeñaran en su carrera laboral.

**Palabras claves:** seis sigma, ciclo DMAIC, análisis de capacidad de proceso, Project Charter, ANOVA.

## **ABSTRACT**

The main objective of this project is to apply Six Sigma tool in the process Purepak yogurt packaging, Coolechera Company Ltd, through DMAIC methodology to reduce nonconforming units generated by the process and increase productivity. Applying this methodology will identify the problem situation in the packaging process besides knowing the specifications that the client and the process demand on the final product, after that define the input and output variables involved in the process and how they affect achieving the process and costumers requirements. Analyze the behavior of process variables using data measurements and statistical analysis thereof to determine the direct causes of the problem situation. All this with the aim of proposing strategies for improving process capability and their controls to ensure continuity in time and effectiveness.

The working group could develop DMAIC cycle stages and thereby achieve the goals set at the beginning of the project . In this way it is possible to highlight the importance of these projects within companies and the development of future professionals entering the industry, thereby allowing the application of knowledge and gaining experience in the field in which they should play in his career.

**Keywords:** Six Sigma, DMAIC cycle, process capability analysis, Project Charter, ANOVA.

## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	10
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	14
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 ALCANCE .....	16
1.5 METODOLOGÍA A UTILIZAR .....	17
1.5.1 Tipo de estudio y fuentes de información.....	17
1.5.2. Actividades desarrolladas .....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	20
3. APLICACIÓN DE CICLO DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE ENVASADO DE YOGURT PUREPAK DE 210g. ....	32
3.1 DEFINIR .....	33
3.1.1 Project Charter.....	33
3.1.2 Identificación del problema.....	36
3.1.3 Mapa de Proceso.....	36
3.1.4 Reconocimiento de Variables .....	38
3.2 MEDIR .....	42
3.2.1 Recolección de datos.....	42
3.2.2 Análisis de capacidad del proceso inicial .....	47
3.2.3 Cálculos DPU, DPO, DPMO. ....	48
3.2.4 Validación del sistema de Medición .....	50
3.3 ANALIZAR .....	54
3.4 MEJORAR.....	65
3.5 CONTROLAR .....	71



4. CONCLUSION .....	73
5. BIBLIOGRAFIA .....	75
6. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA .....	76

## INTRODUCCIÓN

Las organizaciones en la actualidad, tienen como objetivo el generar fidelización en el cliente por medio de la calidad de sus productos, además de contar con procesos altamente productivos, con lo cual garantizan rentabilización para sus grupos de interés; pero esta tarea requiere del óptimo desempeño de los procesos que conforman la cadena de valor que debe atravesar el producto hasta llegar a las manos del consumidor final. Sin importar la actividad económica a la que se dediquen, lo ideal sería que los costos relacionados a pérdidas en la producción, o los relacionados a actividades que no agregan valor al producto sean lo más bajos posibles, ya que esto significaría un mayor rendimiento para la empresa, traduciéndose en mayores ingresos y reconocimiento para la misma.

La reducción de los costos relacionados con las pérdidas de producción es uno de los principales objetivos de las empresas, la reducción de defectos por unidad o productos no conformes significa poder ofrecer mayor cantidad de productos a nuestros clientes, invirtiendo la misma cantidad de recursos, es decir siendo más productivos.

Un producto conforme es aquel que cumple con las especificaciones demandadas por el proceso y por el cliente, de lo contrario no será aceptado para su consumo o utilización; en un proceso productivo la interacción de muchas variables permite que un producto sea o no conforme para el cliente. Hablando específicamente del proceso de envasado yogurt Pure Pak de 210g en la empresa Coolechera Ltda. se espera que de la interacción de estas variables el cliente pueda contar con la resistencia adecuada para contener el yogurt, que los rótulos relacionados a las fechas de vencimiento y de envasado sean visibles y confiables, es decir que el

consumidor final se sienta satisfecho de haber adquirido ese producto y no algún otro sustituto.

El ofrecer un producto de excelente calidad no solo es beneficioso para los clientes; lo es principalmente para la empresa que lo ofrece, ya que al tener reconocimiento en el mercado, pero sobretodo el generar confiabilidad por parte de los consumidores se verá reflejado en un beneficio económico, obtenido a través del cumplimiento de sus metas operativas y tiempos de entrega, generado por el incremento de la productividad; garantizando de esta manera, permanencia en el mercado al satisfacer las necesidades y requerimientos de los grupos de interés. Estos objetivos se logran a través de la implantación y ejecución de proyectos o metodologías que conlleven a la mejora continua, que permitan crear en las empresas una cultura de desarrollo, crecimiento y fortalecimiento de procesos.

De esta manera, luego de identificar oportunidades de mejora en el proceso ya mencionado, se toma la decisión de proponer la implementación de un proyecto seis sigma, basado en la metodología DMAIC, con el cual se podrán identificar las variables del proceso que afectan directamente la calidad del producto, impidiendo que este sea comercializado, luego de esta identificación se llevara a cabo la validación del sistema reconociendo la capacidad actual del proceso y su nivel sigma. La realización de un análisis de los datos obtenidos, permitirá determinar las causas principales de la variabilidad del sistema para luego establecer acciones para el mejoramiento del proceso, que serán controladas y evaluadas para la sostenibilidad de los resultados.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la Cooperativa de productores de leche de la Costa Atlántica se llevan a cabo múltiples tipos de procesamiento y comercialización de lácteos y sus derivados, como arequipe, queso, mantequilla y yogurt en diferentes presentaciones. Uno de esos productos es el yogurt Pure pak dulce de 210g. Su proceso lo conforman una serie de actividades como recepción de materia prima, recibo de insumos, enfriamientos, calentamientos, entre otras que agregan al producto la calidad y los requerimientos que el cliente espera. Una de las fases por la que debe pasar el producto es el envasado, proceso que se realiza en la maquina Nimco; la cantidad de materia prima que se utiliza en cada proceso de envase depende de la demanda del mercado, envasándose así determinada cantidad de producto necesaria para cada despacho, según la programación semanal determinada por producción.

En esta etapa del proceso se tienen en cuenta características específicas que debe tener el producto terminado como los rótulos de lote que son: la fecha de vencimiento y la fecha de envasado; los diferentes sellos de cierre que recibe la caja del yogurt y la correcta alineación de estos. El producto será calificado como conforme siempre y cuando cumpla con estas especificaciones. Este proceso, en la actualidad, genera cantidades considerables de producto no conforme, cuantificadas en porcentaje de desperdicios, es decir el número de unidades no conformes que arroja el proceso sobre el total de unidades producidas. En el último año el porcentaje promedio llegó a estar en 1,64%, y en los últimos dos meses ha incrementado a 1,97% de unidades no conformes.

La empresa considera que un valor tolerable para este indicador sería de un 1% de unidades no conformes, ya que el estar por encima de este está significando una gran problemática para la organización; teniendo en cuenta que el costo de producción unitario es de \$440 y que se generan del proceso aproximadamente 108.286 unidades no conformes por año, el impacto económico respecto a las pérdidas en costos de producción es de aproximadamente \$ 47.645.840 anuales. Otro impacto negativo que podría traer el que este porcentaje incrementa sería el de la pérdida de confiabilidad del cliente en los productos de la empresa; llevándola así a disminuir su cubrimiento de mercado.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La calidad en los procesos permite que las organizaciones generen productos o servicios que cumplan con las necesidades del cliente; ser eficaces, permiten generar fidelidad y confiabilidad en el producto que se está ofreciendo y hacia la organización. La eficiencia en los procesos permite que estos sean rentables para las empresas, el recibir la utilidad esperada o incluso mayor, es objetivo de los dirigentes. El ser efectivos, es decir eficientes y eficaces puede generar ventajas competitivas, diferenciación en el mercado, características con las cuales las organizaciones pueden llegar a ser sostenibles.

El grupo de trabajo pretende desarrollar este proyecto en la empresa Coolechera Ltda., para la reducción de productos desechados provenientes del envasado de yogurt Purepak de 210g en la máquina Nimco, en vista de que este número ha venido en incremento en el último año. Este proceso se caracteriza por contar con un gran número de variables que pueden determinar si el producto es conforme o no a las necesidades del proceso y del cliente; traduciéndose aquellos productos considerados no conformes en pérdidas monetarias, como en confiabilidad del cliente, para la organización.

Al ser la metodología Seis Sigma un proceso sistemático que se basa en datos reales medidos en los procesos, unido al uso de herramientas estadísticas para el análisis de los mismos, el grupo de trabajo toma la decisión de hacer uso de ella ya que permitirá mejorar la capacidad del proceso de envasado de yogurt Purepak de 210g, incrementando la productividad del mismo; siendo esto un beneficio tanto económico como operativo para la organización. El reconocimiento del producto en el mercado por su calidad, además de la marca del mismo es

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Aplicar la herramienta Seis sigma en el proceso de envasado de yogurt Purepak, en la empresa Coolechera Ltda. Haciendo uso de la metodología DMIAC para reducir las unidades defectuosas por producción anual e incrementar la productividad.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar la situación problema en el proceso de envasado de yogurt Purepak en la empresa y conocer las especificaciones del proceso y del cliente para el producto final.
- Definir las variables de entrada y salida que intervienen en el proceso y la forma en que afectan la consecución de los requerimientos del proceso y del cliente en el producto.
- Analizar el comportamiento de las variables del proceso por medio de mediciones de datos y análisis estadísticos de los mismos para definir las causas directas de la situación problema.
- Proponer estrategias de mejora para la capacidad del proceso, así como su medio de control para asegurar continuidad en el tiempo y efectividad de las mismas.

## **1.4 ALCANCE**

Este proyecto pretende abordar la problemática presentada en la sección de envasado de yogurt PUREPAK de 210g, del proceso de producción -Leche Líquida - derivados, en la máquina NIMCO en la Cooperativa COOLECHERA Ltda., a través de la recolección y análisis de datos recogidos partiendo de las características y diferentes parámetros que influyen dentro del proceso, garantizado de esta manera el adecuado conocimiento del proceso, de las etapas y los diferentes factores que intervienen y afectan de manera directa la etapa de envase del producto. Luego del análisis de la información pertinente, se ejecuta la fase de mejora y etapa final, referente a la aplicación del proyecto en marcha, donde se proponen estrategias y/o actividades de mejora que lleven a cumplir con los objetivos propuestos. Dejando el precedente de las propuestas de mejora y cambios que deberían realizarse al proceso de envase de yogurt PUREPAK de 210 g, para obtener la reducción de desperdicios del 1% de las unidades producidas por día. De aquí en adelante, es posible encontrar limitaciones en cuanto a la aplicación o ejecución de las propuestas de mejora, ya que estas decisiones dependen directamente de la Gerencia de Producción y Gerencia General, y de la disponibilidad económica y de mano de obra para la realización de las operaciones referentes al proceso o a la maquinaria.



## **1.5 METODOLOGÍA A UTILIZAR**

### **1.5.1 Tipo de estudio y fuentes de información**

La realización de este proyecto se llevó a cabo por medio de la aplicación de un proyecto Seis Sigma usando para ello la metodología DMAIC a través de una investigación práctica que se evidencio por la recolección y estudio de los datos que permitieron identificar las características, deficiencias y oportunidades de mejora, que sirvan para proponer estrategias que permitan alcanzar los objetivos establecidos.

La recolección de datos se realizó dentro en la COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE LECHE DE LA COSTA ATLANTICA, COOLECHERA LTDA., obtenida por medio de registros de meses anteriores, también por observación directa y tabulaciones de las cantidades de productos no conformes que se desechan en el proceso de envase del yogurt PUREPAK dulce de 210, datos obtenidos por medio del diligenciamiento de un formato de registro que se realizo luego terminada la primera etapa del proyecto en donde se realizo la identificación del problema, los objetivos y métricas operacionales y financieras, se definió el alcance del proyecto, el impacto a la empresa, clientes y financiero que genera la ejecución del proyecto; además se reconocieron las fases del proceso y las variable que intervienen en el mismo.

Luego de la obtención de los datos se procedió a realizar una validación del proceso y de las variables que intervienen en este. Se realiza un análisis estadístico para determinar la capacidad inicial y la relación existente entre las variables de entradas y las variables de salidas obteniendo la base para establecer la mejora esperada.

### **1.5.2. Actividades desarrolladas**

Como ya se dijo anteriormente las actividades desarrolladas se basaron totalmente en el procedimiento de ejecución y aplicación de la metodología Seis Sigma para un proyecto de mejora DMAIC, que se lleva a cabo partiendo de las 5 etapas principales de DMAIC.

- **1ª Etapa Definir.**

Es aquí donde se definen los requerimientos de conformidad y donde se realiza la identificación de problema que se presenta en el proceso de producción, en este caso el envase de yogurt PUREPAK. Se discrimina por medio del uso de una carta de presentación la identificación del proyecto, que incluye el título o propósito, la declaración del problema, objetivos, el alcance, impacto en la empresa, el impacto en el cliente, el foco de mejora, el ahorro proyectado, el equipo con el que se va a trabajar, métricas y se define un cronograma de actividades para la realización de las etapas del proyecto; además se conoce el proceso a través de la realización del diagrama de flujo de las operaciones que se realizan, identificando las variables de entrada y salida que intervienen en el proceso de envase. Como paso final en esta etapa se realiza un plan de recolección de datos que nos llevara a la ejecución de la segunda fase de la aplicación de la metodología.

- **2ª Etapa Medir.**

En esta etapa se identifica la mejor manera de medir el proceso de manera que se obtengas los datos pertinentes que nos permita definir la capacidad inicial del producto/proceso y que asegure que las mediciones realizadas sean confiables y que validen el sistema, garantizando que la información sea adecuada para que la toma de decisiones y el plan de estrategias de mejora sea el indicado.

- **3ª Etapa Analizar.**

En esta etapa se realiza un análisis de la información recolectada determinando las posibles causas técnicas u operativas que intervienen en la generación de no conformidades en el envase del yogurt, reflejados a través de la cantidad de producto desechado.

- **4ª Etapa Mejorar.**

Luego de establecidas las causas, se genera una lista de mejoras o estrategias que ataque las oportunidades de mejora que se encontraron luego del análisis del proceso, priorizando las causas más críticas y que generan mayor impacto negativo en el proceso, e identificando actividades directas que permitan una disminución de producto no conforme.

- **5ª Etapa Controlar**

En esta etapa se plantea una solución o soluciones definitivas que permitan generar la obtención de los objetivos planteados en la primera etapa del proyecto, que cuente con la flexibilidad y eficacia adecuada para que se adapte a las situaciones que se presenten en el futuro, que le brinde continuidad y que establezcan controles pertinentes que midan la capacidad de mejora y los beneficios obtenidos luego de la aplicación del plan de acción.

## 2. MARCO TEÓRICO

A menudo se habla de productividad, pero no muchas personas se han detenido a explicar claramente qué es, podría decirse que la productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos. Podríamos también definirla como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados, definición que se adaptaría mejor a entornos empresariales. De las definiciones antes mencionadas, se puede concluir que la productividad tiene como propósito mejorar los resultados sin incrementar los recursos a utilizar, lo cual redundaría en una mayor rentabilidad para las empresas.

El mejoramiento de la productividad implica el concurso de muchos factores, desde la calidad de materias primas, insumos, herramientas, maquinaria, recurso humano, políticas internas además de los procesos implicados en cada etapa de producción e incluso factores macroeconómicos. Es por esto que en la actualidad se evidencia que una empresa puede producir un bien a un costo de \$80 y otra deba invertir \$90 para producir el mismo bien o uno muy similar.<sup>1</sup>

El concepto de rentabilidad en una organización debe ir de la mano de la fidelización que se genera en el cliente; la mayoría de los ellos buscan calidad al mejor precio, sin embargo, lo que puede ser "excelente" para algunos, no lo es para otros. Cuando un individuo adquiere un producto o servicio, lo hace para

---

<sup>1</sup> [GERENCIE.COM](http://www.gerencie.com/sobre-la-productividad.html). 2013 Sobre la productividad. Recuperado de <http://www.gerencie.com/sobre-la-productividad.html>. Colombia

satisfacer una necesidad, pero siempre espera que la "nueva adquisición" funcione como lo esperado, o al menos como se le prometió que lo haría. La calidad de un producto debe ser definida conforme a las necesidades del cliente, si un cliente espera que el producto cuente con características específicas y este no llega a sus manos con ellas, su nivel de satisfacción puede poner en tela de juicio el continuar como cliente de la organización que le ofreció ese producto no conforme a sus especificaciones.

Si una empresa quiere aumentar sus ganancias, debería aumentar la productividad y la calidad de manera paralela. La simple idea de que el aumento de la actividad aumentará los beneficios no es del todo cierta, con el siguiente ejemplo se tendrá una idea más clara de esto.

Suponga que la empresa A ha producido 100 reproductores por hora, de los cuales 10 han sido defectuosos durante los últimos 3 años. La alta gerencia toma la decisión de aumentar la productividad en un diez por ciento, es decir que en lugar de producir 100 se producirán 110 reproductores. Con la responsabilidad de producir más, los empleados, comienzan a trabajar bajo presión, generando estrés, frustración y miedo por no cumplir el objetivo. Esto provoca una tasa de defectos del 20 % es decir sólo 88 unidades conformes, menos de la producción de 90 reproductores. Esto indica que el aumento de la productividad sólo tiene sentido cuando el nivel de la calidad no se deteriora.

Por otro lado, muy a menudo la mejora de la calidad resulta en un aumento de la productividad. En este ejemplo la compañía B produce 100 reproductores por hora con un 10% de unidades defectuosas, por medio de la continua búsqueda del mejoramiento de la calidad de sus productos, la organización decide aplicar herramientas para la mejora de procesos; si los administradores de estas, pueden garantizar la mejora del proceso, podrían transferir recursos de la producción de

unidades defectuosas a la fabricación de buenos productos adicionales. En este caso, la gestión para el mejoramiento del proceso hace algunos cambios sin costo adicional, lo que se traduce en sólo el 5% de productos defectuosos. Esto da como resultado un aumento de la productividad.

En la actualidad una de las estrategias más utilizadas para el mejoramiento de los procesos es la implementación de proyectos Seis Sigma para la reducción de defectos; los procesos productivos generan muchos tipos de desperdicios que afectan directamente la utilidad esperada y es vital poder disminuir este número. Cuando se habla de proyectos Seis sigma, se hablaría del total éxito en la aplicación de estos, cuando por cada millón de unidades producidas se generan 3.4 unidades defectuosas (nivel seis sigma).

Seis sigma puede ser definido como “una iniciativa estratégica para aumentar la rentabilidad, aumentar la cuota de mercado y mejorar la satisfacción del cliente a través de herramientas estadísticas que puedan generar ganancias significativas en la calidad de los productos” (Sung, 2003, p.1)

Otra forma de definir Seis sigma y que captura la amplitud y flexibilidad del mismo es: “seis sigma es un sistema completo y flexible para lograr, mantener y maximizar el éxito del negocio, este es únicamente impulsado por una estrecha comprensión de las necesidades del cliente, el uso disciplinado de hechos, datos y análisis estadísticos, y la atención diligente a la gestión, mejoramiento y reestructuración de los procesos de negocio.” (Pande, 2000, Preface XI)

[3]Esta herramienta ha sido utilizada por un gran número de empresas a nivel mundial, las cuales se han visto en situaciones poco favorables para su futuro empresarial y en la aplicación de proyectos Seis Sigma han encontrado salvación

para sus organizaciones; a continuación se nombran los beneficios más comunes obtenidos luego de la implementación de proyectos seis sigma:

### **1. Genera un éxito sostenible.**

John Chambers, (CEO de Cisco Systems), una de las compañías de más rápido crecimiento de la última década, expuso recientemente, el motivo por el cual muchas empresas tienen éxito: " Hay que ser conscientes de que usted puede estar fuera del negocio en tres años"; La única manera de continuar con el crecimiento y mantener un control sobre mercados cambiantes es innovar constantemente y rehacer la organización. Six Sigma crea las habilidades y la cultura de constante renovación.

### **2. Establecer un objetivo de rendimiento para todos.**

En una empresa de cualquier tamaño conseguir que todos sus colaboradores trabajando en la misma dirección y se centren en un objetivo común, es bastante difícil. Cada función, unidad de negocio y persona tiene diferentes objetivos. Lo que todos tienen en común, sin embargo, es la entrega de productos, servicios o información a los clientes (dentro o fuera de la empresa). Seis Sigma utiliza ese marco en común del negocio – crear un objetivo consistente: un nivel seis sigma que sea lo más cercano a la perfección, como la mayoría de la gente puede imaginar. Cualquier empresa que entienda los requerimientos de sus clientes puede evaluar el rendimiento de sus rendimientos con respecto al nivel sigma de 99,9997 por ciento perfecto, un estándar tan alto que hace que las metas anteriores de la mayoría de los negocios con un rendimiento "excelente" parezcan bastante débiles.

### **3. Mejora el valor a los clientes.**

Cuando General Electric (GE) tuvo sus comienzos en Seis Sigma, sus ejecutivos admitieron que la calidad de los productos de la compañía no era lo que debería ser. Aunque su calidad era tal vez mejor que la de sus competidores, Jack Welch (CEO de GE hasta 2001) dijo: "Queremos hacer de nuestra calidad algo tan especial y valioso para nuestros clientes, que nuestros productos se conviertan en sus única real y valiosa opción en el mercado". Con estricto cumplimiento en todas las industrias, entregando solo "Buenas" o "sin defectos". Los productos y servicios no garantizan el éxito. La orientación al cliente en el centro de Seis Sigma medios de aprendizaje lo que significa que el valor para los clientes (y potenciales clientes) y planificar cómo entregar a ellos rentable.

### **4. Acelera el ritmo de mejora.**

El objetivo de Motorola de "mejora 100% su rendimiento en cuatro años" planteo un ejemplo para los ambiciosos, impulsados por organizaciones de emular. Con las tecnologías de la información marcando el ritmo duplicando su rendimiento con relación al costo cada 18 meses, las expectativas del cliente en cuanto a mejora son cada vez más exigente. El competidor que mejore lo más rápido es probable que gane la carrera. Seis Sigma ayuda a las empresas no sólo a mejorar el rendimiento sino también a mejorar su mejoramiento.

### **5. Promueve el aprendizaje y la "polinización cruzada."**

La década de 1990 vio el nacimiento de la "Organización de aprendizaje", un concepto que atrae a muchos, pero parece difícil de poner en práctica. Líderes de AlliedSignal han comentado que "Todo el mundo habla sobre el aprendizaje, pero



pocos logran involucrarse en el tejido de la vida cotidiana de muchas personas.” Seis Sigma es un enfoque que puede aumentar y acelerar el desarrollo y el intercambio de nuevas ideas en toda la organización. Incluso en empresas tan diversas como General Electric, el valor de Seis Sigma como herramienta de aprendizaje es visto como crítico. Las personas calificadas, con experiencia en procesos y en gestión y mejoramiento pueden desplazarse en una curva de aprendizaje más corta, trayendo con ellos mejores ideas y la capacidad de aplicarlas más rápidamente. Las ideas pueden ser compartidas y el rendimiento en comparación con más facilidad.

## **6. Ejecuta el cambio estratégico.**

La introducción de nuevos productos, el lanzamiento de nuevas empresas, entrar en nuevos mercados, adquirir nuevas organizaciones, actividades laborales que una vez fueron ocasionales son ahora los acontecimientos diarios en muchas empresas. Una mejor comprensión de los procesos de su compañía y los procedimientos le dará una mayor capacidad para llevar a cabo tanto los ajustes de menor importancia y los principales cambios que los negocios exitosos del siglo 21 exigirán.

Es sumamente importante tener presente que a aplicación de este tipo de metodología y el poder contar con el éxito en la aplicación de las mismas, debe ir de la mano del uso de herramientas como el control estadístico de proceso, análisis de variación de procesos, diseño de experimentos, pensamiento creativo, mejoramiento continuo y uno de los más importantes, escuchar la voz del cliente. El mejoramiento continuo esta soportado en un gran grupo de metodologías dentro de las cuales se encuentra el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), siendo este uno de los más importante en la gestión de proyectos Seis Sigma, esta metodología funciona bien como una estrategia de avance, aplicado

a determinar problemas referentes a la variación, tiempo de ciclo, rendimiento, diseño y otros, ya que permite mejoras reales y resultados reales.

[4]Las fases que conforman esta metodología para el mejoramiento son las siguientes:

### **Fase 1. Definición.**

Esta etapa se realiza la identificación del proceso o producto que necesita mejorar. Es decir que se delimita el proceso específico en el que se desarrollará el proyecto. Es aquí donde se determina el problema que está afectado el proceso, recursos con los que se cuenta, el cliente al cual llega el producto y se plantean objetivos y se establece el equipo de trabajo con el cual llevar a cabo el proyecto. También se realizan evaluaciones comparativas de los productos, sus características principales, los equipos, personas, materias primas y demás variables que intervienen en el proceso y que son críticas para el mismo. Además permite realizar una evaluación comparativa de la composición y especificaciones de productos y procesos pertenecientes a empresas de clase mundial.

En esta primera etapa es muy útil hacer uso de una herramienta conocida como Project Charter, el cual es utilizado para definir el alcance de un proyecto, sus objetivos y las personas que participaran en la ejecución del mismo. El Project Charter es un breve documento que hace referencia al cuerpo que tendrá el proyecto y es usado como una oferta o propuesta.

## **Fase 2. Medir.**

Es aquí donde se declaran las variables del proceso que son dependientes, esta es una fase de recolección de la información; se establece de manera objetiva la línea base del proceso. Esta línea base será comparada con las mediciones que se realicen en el proceso al final de la aplicación del proyecto para determinar si hubo un mejoramiento significativo. Es vital realizar una buena toma de datos ya que esto será la base sobre la cual se trabajará en este ciclo DMAIC. La información más relevante a obtener en esta etapa son:

- La diferencia entre el desempeño del proceso que se tiene con respecto al que se desea.
- La capacidad del proceso como línea base para establecer la métrica del proceso, es decir, determinar la Y(s) del proceso.
- Evaluar el sistema de medición del proceso.

## **Fase 3. Analizar**

En esta fase de la metodología DMAIC se analizan y evalúan los resultados obtenidos; su propósito es identificar, validar y seleccionar las causas raíz de la variación del proceso para así poder atacarlas. Un plan de recopilación de datos se crea y los datos se recogen para establecer la contribución relativa de cada una de las causas que afectan la métrica del proyecto, (Y). Este proceso se repite hasta que se pueden identificar causas raíces válidas. En Seis Sigma, se utilizan a menudo herramientas de análisis complejos, sin embargo, es aceptable el uso de herramientas básicas si estos son apropiados. Dentro de las cuales se podría encontrar:

- Enumerar y priorizar las posibles causas del problema
- Dar prioridad a las causas clave del proceso (entradas) para proseguir en el paso Mejorar
- Identificar cómo las entradas de proceso (Xs) afectan a las salidas del mismo (Ys). Los datos son analizados para entender la magnitud de la contribución de cada causa. Se utilizan herramientas como pruebas estadísticas, usando el valor p acompañados de histogramas, diagramas de Pareto, entre otros.
- Mapas de procesos detallados pueden ser creados para ayudar a identificar en que parte del proceso residen las causas, y lo que podría estar contribuyendo a la aparición de las mismas.

#### **Fase 4. Mejorar**

En esta etapa se seleccionan las características de rendimiento que deben mejorar para lograr el objetivo. Es aquí donde se identifican, ponen a prueba y se implementan soluciones de mejora, ya sea de manera parcial o total en los procesos. se proponen soluciones creativas e innovadoras con las cuales eliminar o mitigar las causas de variación del proceso en orden de mejorar el rendimiento y prevenir posibles problemas. Las herramientas más utilizadas en esta fase son la lluvia de ideas, en la cual es importante involucrar a las personas que intervienen en el proceso; diseño de experimentos; realización de AMEF con el fin de atacar las causas más críticas; aplicación del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) de Deming y la creación de planes de acción.

## **Fase 5. Control**

Tiene como propósito asegurar que las nuevas condiciones bajo las cuales se ha puesto el proceso se encuentren bajo los parámetros establecidos; su principal objetivo es sostener lo ya obtenido con las propuestas de mejoramiento, monitorear el proceso, para así garantizar continuidad y sustentabilidad del éxito. Para esto se hace uso de herramientas como tablas de control y listas de chequeo; es importante la concientización de los colaboradores ya que sin ella todo lo anterior no se podría mantener.

Las herramientas estadísticas juegan un papel fundamental durante la implementación de proyectos para el mejoramiento; conceptos como el mejoramiento continuo y calidad total del producto han sido altamente aceptado e involucrados en las organizaciones interesadas en alcanzar un aumento de su productividad; ser más competitivos y sustentables ante los cambios que hoy se viven en la económica mundial.

[5]En la década de 1980 y principios de 1990, Motorola fue una de las muchas empresas estadounidenses y europeas cuyas ganancias se estaban viendo afectadas fuertemente por el crecimiento de sus competidores. Los principales líderes de Motorola en ese momento, reconocieron que la calidad de sus productos era muy mala; era en palabras de veteranos de la empresa “Un mundo de dolor”. Al igual que muchas empresas en ese momento, Motorola no tenía un programa de "calidad", en cambio tenía muchos programas, pero en 1987, un nuevo enfoque surgió del sector de comunicaciones de Motorola. El concepto de mejora innovadora fue llamado "Seis Sigma", ofreciendo en ese momento una manera simple y consistente para rastrear y comparar el

desempeño del proceso con las necesidades del cliente y un objetivo de calidad prácticamente perfecto.

A medida que el Seis Sigma se extendió por toda la empresa, Motorola consiguió fortalecerse para impulsar lo que en ese momento parecía un objetivo imposible, el cual consistía en mejorar 10 veces la capacidad de su proceso, objetivo que fue replanteado tiempo después; a mejorar 10 veces la capacidad del proceso cada dos años. Algunos de los logros obtenidos por Motorola en el durante la aplicación inicial del Seis Sigma fueron: el crecimiento de cinco veces en las ventas, con ganancias superiores al 20% anual; ahorros evaluados en \$ 14 billones de dólares y un incremento en las ganancias sobre el precio a una tasa anual de 21.3%.

[6]Por otro lado General Electric (GE) tiene la distinción única de estar en la parte superior de las 500 compañías de Fortune de capitalización bursátil. GE es la empresa de mayor valor que aparece en todas la bolsas de valores de Estados Unidos. A pesar de que Motorola es el fundador del Seis Sigma, GE es la empresa que ha demostrado que esta es una emocionante estrategia de gestión. GE comenzó su programa Seis Sigma en 1995, y ha logrado resultados notables desde entonces. Un informe anual de GE afirma que Seis Sigma entregó más de \$300 millones para sus ingresos de explotación. En 1998, este número se incrementó a \$750 millones. En la reunión Anual de GE en 1996, su presidente Jack Welch describió Seis Sigma de la siguiente manera: "Seis Sigma será un emocionante camino y la meta más difícil y estimulante que hemos emprendido... GE hoy en día es una empresa de calidad. Siempre ha sido una empresa de calidad... Este Seis Sigma cambiará el paradigma de la reparación de los

productos de manera que sean perfecto, a la reparación de los procesos de manera que no produzcan nada sino perfección, o algo muy cerca de ella."

En GE figuran muchos ejemplos como beneficios obtenidos por medio de la aplicación de Seis Sigma dentro los cuales se encuentran los siguientes:

- El sistema médico de GE describe los afirman que los diseños Seis Sigma han producido un aumento de 10 veces en la vida útil de escáner CT, Tubos de rayos X, un aumento en el alistamiento de estas máquinas, la rentabilidad y el nivel de atención al paciente brindado por los hospitales y otros proveedores de atención médica.
- El negocio de los diamantes industriales de GE habla de Seis Sigma como una herramienta que cuadruplicó su retorno de la inversión y mediante la mejora de los rendimientos, le ha dado una década de capacidad, creciente, sin gastar un centavo en la planta y la capacidad del equipo.
- El negocio de plásticos, a través de rigurosos procesos Seis Sigma, agregaron 300 millones de nueva capacidad (equivalentes a una planta libre), ahorrado \$400 millones en inversiones. Seis Sigma ha permeado GE, y la experiencia en la aplicación de Seis Sigma es ahora un requisito previo para la promoción a todos los cargos profesionales y gerenciales.

### **3. APLICACIÓN DE CICLO DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE ENVASADO DE YOGURT PUREPAK DE 210g.**

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo a partir de la metodología seis sigma, la cual se enfoca en la implementación de proyectos de mejora, con el objetivo de reducir la inestabilidad de los procesos y los defectos asociados a esta hasta obtener un valor objetivo; generando un impacto significativo en la rentabilidad y en el crecimiento del negocio. Existen tres áreas principales para la implementación de esta metodología, la mejora de la satisfacción del cliente, la reducción de los tiempo de ciclo y la reducción de defectos, siendo esta ultima específicamente el área en la que el grupo de trabajo se centró para el desarrollo de este proyecto, el cual tiene como meta la reducción del porcentaje de desperdicios generados dentro del proceso de envasado del yogurt Pure pak de 210g.

La metodología seis sigma engloba 5 fases que ayudan a crear un banco de información acerca del comportamiento de los procesos, y resulta mucho más útil cuando el objetivo que se quiere alcanzar, se refiere, como en este caso, a mejorar un proceso que ya existe en la empresa que nos puede brindar toda esta información. Estas cinco fases se conocen como el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y a continuación se especificaran cada una de las actividades y la información obtenida durante el proceso de implantación.



### 3.1 DEFINIR

En esta fase se plasmó la identificación del problema, además, la delimitación del alcance y horizonte de tiempo de las metas propuestas, se estableció el impacto en la empresa, en el cliente y los ahorros proyectados. También se definió el equipo de trabajo y las personas que colaborarían durante la implantación de la metodología seis Sigma. Durante la primera fase se estudió detalladamente el proceso de envasado de yogurt Pure Pak de 210g, para así poder construir métricas financieras y operativas e identificar las variables que afectan en el proceso.

#### 3.1.1 Project Charter

Project Charter	
1. Identificación del Proyecto	
<b>Título/Propósito</b>	<i>REDUCCION DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE ENVASADO DEL YOGURT PUREPAK DE 210 g EN LA MAQUINA NIMCO EN LA EMPRESA COOLECHERA LTDA.</i>
<b>Planteamiento del problema</b>	<i>En el proceso de envase del yogurt Purepak en la empresa Coolechera Ltda., se generan cantidades considerables de desechos o productos defectuosos. Este desecho es medido en unidad de producto (caja de 210g) sobre el total de la producción, correspondiente al porcentaje de desperdicios respecto a las unidades producidas. En el último año el porcentaje promedio llegó al 1,64% y en los últimos dos meses se encuentra en 1,97% de unidades defectuosas. Por esta razón se hace necesaria la reducción de este porcentaje al 1% de la producción diaria. Teniendo en cuenta que el costo de producción unitario es de \$440 y que se verificaron aproximadamente 108.286 unidades/defectuosas por año, el impacto económico respecto a las pérdidas en costos de producción anual es de aproximadamente \$ 47.645.840.</i>
<b>Objetivo</b>	<i>La cantidad máxima de unidades desechadas por producción anual de yogurt Purepak, debe ser menor o igual a 60.052 un/año, alcanzando el porcentaje máximo de desperdicio de la producción, correspondiente al 1% anual.</i>
<b>Alcance</b>	<i>Este proyecto pretende abordar la problemática presentada en la sección de envasado de yogurt PUREPAK de 210g, del proceso de producción -Leche Líquida, en la máquina NIMCO en COOLECHERA</i>

		<i>Ltda. y proponer estrategias de mejora para la misma.</i>
<b>Impacto en la Empresa</b>		<i>Teniendo en cuenta la problemática presentada en el proceso de envase del yogurt Purepak de 210 g. la aplicación de este proyecto de mejora reflejara un impacto en la empresa, tanto a nivel económico y productivo; ya que aumentara la cantidad de productos conformes generando mayores ingresos para la organización, por otro lado, la productividad del proceso de producción aumentara notablemente, al generar mayor cantidad de producto con la misma cantidad de insumos, personas y tiempo, cumpliendo con las metas establecidas de la empresa.</i>
<b>Impacto en el cliente</b>		<i>Al aumentar la productividad del proceso de envase, el impacto se verá reflejado en el consumidor o cliente final, el clientes estará satisfecho con los tiempos de entrega de pedidos y el cumplimiento de las especificaciones de los mismos, satisfaciendo la demanda y creando mayores oportunidades de compra.</i>
<b>Foco de Mejora</b>	<b>Área</b>	<i>Producción- Leche Líquida / Derivados</i>
	<b>Proceso</b>	<i>Envase de Yogurt Purepak</i>
	<b>Producto-servicio</b>	<i>Yogurt Purepak de 210g</i>
<b>Ahorro Proyectado</b>		<i>Teniendo en cuenta que el costo de producción unitario es de \$440 y que se verificaron aproximadamente 108.286 unidades/defectuosas por año, el impacto económico respecto a las perdidas en costos de producción anual es de aproximadamente \$ 47.645.840.</i>

2. Equipo del Proyecto	
<b>Champion</b>	<b>José Vicente Marín Perea</b>
<b>Black Belt</b>	<b>Heriberto Felizzola</b>
<b>Green Belt</b>	<b>Victoria Diago, Valeria Mercado</b>
<b>Personal de Apoyo</b>	<b>Operarios del área</b>

3. Métricas del Proyecto		
<b>Métricas Operacionales</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Porcentaje de productos desperdiciados del proceso de envasado.</i></li> <li><i>Velocidad de procesamiento</i></li> </ul>
<b>Métricas financieras</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Ahorros anuales proyectados de \$ 47.645.840.</i></li> </ul>
<b>Métricas Seis Sigma</b>	<b>DPU</b>	
	<b>DPO</b>	
	<b>DPMO/PPM</b>	13444
	<b>Nivel Sigma</b>	2σ
	<b>RTY</b>	

4. Cronograma del Proyecto				
<b>Duración</b>	6 Meses			
<b>Fecha de Inicio</b>	28 de marzo de 2013			
<b>Fecha de Finalización</b>	30 de Septiembre de 2013			
Fases	Actividades	Herramientas	Inicio-Fin	Responsable
<b>Definir</b>	<i>Project Charter</i>	<i>Formato Project Charter</i>	4 de abril - 11 de abril	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Mapa de Proceso</i>	<i>Diagrama de flujo - SIPOC</i>	4 de abril - 18 de abril	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Reconocimiento de variables</i>	<i>AMEF</i>	4 de abril - 2 de mayo	Valeria Mercado-Victoria Diago
<b>Medir</b>	<i>Validación del sistema</i>		4 de abril -30 de julio	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Análisis de capacidad</i>		4 de abril -30 de julio	Valeria Mercado-Victoria Diago
<b>Analizar</b>	<i>Identificación de causas</i>		4 de abril -27 de Agosto	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Causa-Efecto</i>		4 de abril -27 de Agosto	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Validar</i>		4 de abril -27 de 12 septiembre	Valeria Mercado-Victoria Diago
<b>Mejorar</b>	<i>Estrategias</i>		31 de 15 de septiembre	Valeria Mercado-Victoria Diago
<b>Controlar</b>	<i>Verificar resultados</i>		20 de Septiembre	Valeria Mercado-Victoria Diago
	<i>Métodos de Control</i>		20 de Septiembre	Valeria Mercado-Victoria Diago

### **3.1.2 Identificación del problema.**

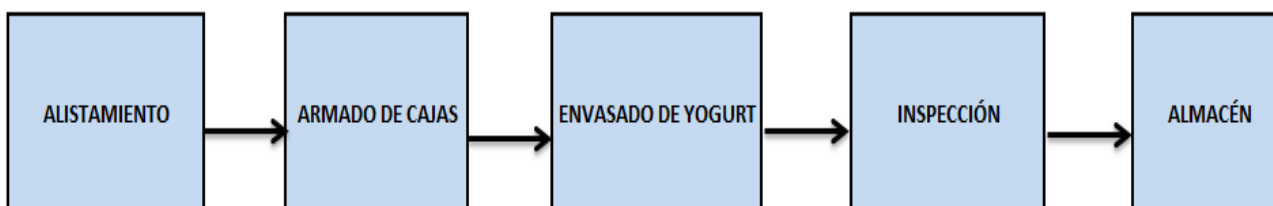
En el proceso de envase del yogurt Pure pak, se generan cantidades considerables de desechos o productos defectuosos. Este desecho es medido en unidad de producto (caja de 210g) sobre el total de la producción, correspondiente al porcentaje de desperdicios respecto a las unidades producidas. En el último año el porcentaje promedio llegó al 1,64% y en los últimos dos meses se encuentra en 1,97% de unidades defectuosas. Por esta razón se hace necesaria la reducción de este porcentaje al 1% de la producción diaria. Teniendo en cuenta que el costo de producción unitario es de \$440 y que se verificaron aproximadamente 108.286 unidades/defectuosas por año, el impacto económico con respecto a las pérdidas en costos de producción es de aproximadamente \$ 47.645.840 anual.

### **3.1.3 Mapa de Proceso**

El mapa de proceso es una herramienta para la visualización gráfica del proceso en cuestión que nos ayuda a entender la secuencia del proceso y a identificar re-trabajos; paso que no tiene agrega valor al producto; cuellos de botella, identificación de inspecciones. Para la elaboración del mapa de proceso se hizo necesaria la elaboración del diagrama de flujo y el SIPOC del proceso de envasado. Lo que nos permitirá hacer más eficiente la etapa de medir, teniendo definidas e identificadas todas las etapas del proceso, y de la misma forma permitiéndonos establecer e identificar las variables de entrada y salidas del proceso. La construcción de este mapa de proceso se realizó teniendo como base las observaciones realizadas al proceso y sus diferentes actividades

A continuación se presenta un diagrama de flujo específico (grafica 1) y un diagrama de flujo general (grafica 2) de las actividades del proceso de envase del yogurt Pure pak

**Figura 1. Diagrama de flujo general Envasado yogurt Pure pak 210g**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Programa Microsoft Excel**

Luego de la construcción del diagrama de flujo del proceso se hizo necesario el uso del SIPOC, grafico que comprende el alcance del proceso de inicio a fin, identificando los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas y los clientes del proceso. Identificando en cada uno de ellos las diferentes variables que intervienen en el proceso.

### **ENVASADO DE YOGURT PUREPAK 210 g**

A continuación se unió el diagrama de flujo general con el SIPOC del proceso y se generó el mapa de proceso (grafica 4), realizando el reconocimiento de las variables en cada una de las etapas del proceso de envase, identificando las entradas y salidas de las etapas.

**Figura 2. SIPOC Envasado de yogurt Pure pak de 210g.**

SIPOC				
PROVEEDOR	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTE
Madurador	Cajas	Armado y envasado de yogurt	Sellos inferior	consumidor
Almacen de insumos	Viscosidad		Sellos superior	
Area de produccion	Temperatura		Fechado de lote	
Orden de Produccion	Presion		Fechado de vencimiento	
	Velocidad		Resistencia de la caja	
	Unidades a producir		Peso	
	Cestillos			
	Bolsas plasticas			
	Fecha de produccion			
	Fecha de vencimiento			
	Jabon Industrial			
	Acido			
	Soda			
	Agua			
	Empaques			

**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado    Programa Microsoft Excel**

### 3.1.4 Reconocimiento de Variables

Con el Mapa de proceso definido, es posible analizar las variables de entrada y salida que intervienen el proceso de estudio. A continuación se definen y describen cada una, teniendo en cuenta el papel que desempeñan en el diagrama de flujo del envase de yogurt Pure pak de 210g.

**Tabla 1. Reconocimiento de Variables del proceso.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Madurador</b>	Equipo donde se realiza la desnaturalización de la proteína. El objetivo del uso de este equipo es el de preservar la viscosidad creada por el ácido y otras secreciones enzimáticas, efecto de coagulación de los cultivos sobre el tiempo de maduración. Es el madurador el equipo desde donde se realiza la toma de muestras y liberación del producto para ser envasado.
<b>Almacén de insumos</b>	El almacén de insumos se encarga de proveer al operador de la máquina las cajas que intervienen en el proceso de envasado.
<b>Área de producción</b>	Es la encargada de generar la orden de producción y dar vía libre a los operarios para que inicien el envasado del yogurt para convertirlo en producto terminado
<b>Orden de Producción</b>	Es el documento donde se registra la cantidad de unidades producidas por día o dependiendo de la demanda del producto.
<b>Cajas</b>	Es donde se deposita el yogurt para ser envasado.
<b>Viscosidad</b>	La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones. En el caso del yogurt la viscosidad se obtiene luego de la adición de todos los componentes en el proceso de preparación.
<b>Temperatura</b>	Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. En este proceso de producción la temperatura varía dependiendo de la actividad que se esté realizando dentro de la preparación y envasado del yogurt, tanto en el producto como tal, como en el equipo y la maquinaria utilizada.
<b>Presión</b>	Referido a la fuerza que emplean las partes de la máquina para realizar el armado de la caja. Además se refiere a la fuerza con la que el yogurt es liberado de la máquina para su vertimiento en las cajas.

<b>Velocidad</b>	Esta referida a la velocidad de envase de la maquina Nimco, tanto en la cantidad de unidades producidas como la velocidad con que sus componentes se mueven dentro del proceso de envase.
<b>Unidades a producir</b>	Referida al numero de unidades que se generar en el proceso de producción diario.
<b>Cestillos</b>	Recipiente para el almacenamiento de producto terminado
<b>Bolsas plásticas</b>	Son usadas dentro del proceso de envase para verter y depositar los productos terminados no conformes
<b>Fecha de producción</b>	Se refiere a la fecha en la cual se envasa el producto
<b>Fecha de vencimiento</b>	Se refiere a la fecha de caducidad del producto, conociendo esta como la fecha en al que el producto envasado ya no posee las características adecuadas para su consumo.
<b>Jabón Industrial</b>	Se utiliza para la desinfección y limpieza de las piezas de la maquina Nimco antes y después de cada proceso de envasada.
<b>Acido</b>	Se utiliza para la desinfección y limpieza de las piezas de la maquina Nimco antes y después de cada proceso de envasada.
<b>Soda</b>	Se utiliza para la desinfección y limpieza de las piezas de la maquina Nimco antes y después de cada proceso de envasada.
<b>Agua</b>	Se utiliza para la desinfección y limpieza de las piezas de la maquina Nimco antes y después de cada proceso de envasada. Como también para el arrastre de residuos del producto en las tuberías
<b>Empaques</b>	Partes móviles y desechables de la máquina que deben ser cambiados cada vez que sea necesario, a causa de daño o fatiga.



<b>Armado y envasado de yogurt</b>	Se refiere a la operación de la máquina de realizar el armado y cerrado de las cajas, y de envasar la cantidad de yogurt correspondiente en cada una de las cajas, realizando el debido cierre y salida de la máquina del producto terminado.
<b>Sellos inferior</b>	Se refiere al cierre de la base de la caja
<b>Sellos superior</b>	Se refiere al cierre y sello de las pliegues superiores de la caja
<b>Marcación de lote</b>	Numero con el cual se referencia e identifica de la producción de determinando conjunto de productos
<b>Resistencia de la caja</b>	Referido a la firmeza y calidad de los sellos y cierres de la caja, impidiendo así que el producto presente fugas
<b>Peso</b>	El peso específico de la presentación del producto deberá ser de 210 g.
<b>Consumidor</b>	Cliente a quien va dirigido el producto, quien medirá las características y requisitos de calidad.

**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Programa Microsoft Excel**

## **3.2 MEDIR**

En esta etapa del ciclo DMIAC se determinaron las herramientas a utilizar para la recolección de datos del proceso, y así poder conocer la situación actual, una vez definida la herramienta se realizaron las mediciones correspondientes para validar el sistema y establecer si los datos recolectados fueron suficientes para el análisis del sistema.

### **3.2.1 Recolección de datos**

En esta oportunidad, la recolección de datos se llevó a cabo por medio de observación directa del proceso, con apoyo de los operadores de máquina y el personal encargado de la inspección de producto. Se tomaron 7 muestras diarias por intervalos de tiempo, durante la producción durante 5 días, obteniendo así 35 subgrupos de unidades producidas. El grupo de trabajo diseñó un formato en el cual se consignaron la cantidad de unidades inspeccionadas en cada muestra y el número de defectos encontrados en ellas (tabla 2). Para el análisis de capacidad del proceso se utilizaron solo 27 subgrupos, retirando de la tabla aquellos subgrupos en los que la cantidad de defectos era superior al promedio de los subgrupos, reflejando cambios bruscos en el proceso o actividades como paro de la máquina, para llenado de yogurt en cantina de 750 g, lo que generaba al arranque e inicio de proceso un desperdicio adicional. Las no conformidades en este proceso pueden ser categorizadas teniendo en cuenta unos criterios basados en los requerimientos del cliente y especificaciones del proceso.

#### **Tipos de Defecto**

- 1. Sellado superior**
- 2. Sello Inferior**
- 3. Fechado**

#### 4. Vacíos

#### 5. Mala formación

A continuación se describen las características de cada defecto encontrado en el producto no conforme.

1. **SELLO SUPERIOR:** Defecto presentado cuando el sello superior del producto o también llamado sello de boca no se realiza correctamente provocando que el producto quede abierto en el vértice o en su defecto con una abertura que evita que el producto sea entregado al mercado.

**Imagen 1. Sello superior**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Fotografía**

2. **SELLO INFERIOR:** Defecto presentado cuando el borde o extremo inferior del envase del yogurt no está bien cerrado por lo que es posible que ocurra derramamiento del producto y problemas en la cadena de producción.

**Imagen 2. Sello inferior**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Fotografía**

- 3. FECHADO:** Defecto presentado cuando la fecha de vencimiento y/o lote de fabricación del producto no es bien rotulado por la maquina, provocando que salga corrido o no se marque correctamente en la caja.

**Imagen 3. Fechado**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Fotografía**

4. **VACIOS:** defecto presentado cuando las cajas se caen fuera de la línea de producción, ya sea por efecto de los brazos transportadores o la chupa a la banda transportadora.

**Imagen 4. Vacías**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Fotografía**

5. **MALA FORMACION:** defecto presentado cuando las cajas durante el proceso de envasado presentan deformaciones en el armado; además ocurre cuando una de las cajas se tropieza con la cadena de la maquina ocasionando un espacio en la banda transportadora lo que provoca que 2 o 3 cajas presenten defectos de sellado en la continuación de la línea de proceso.

**Imagen 5. Mala formación**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Fotografía.**

**Tabla 2. Formato para la recolección de datos.**

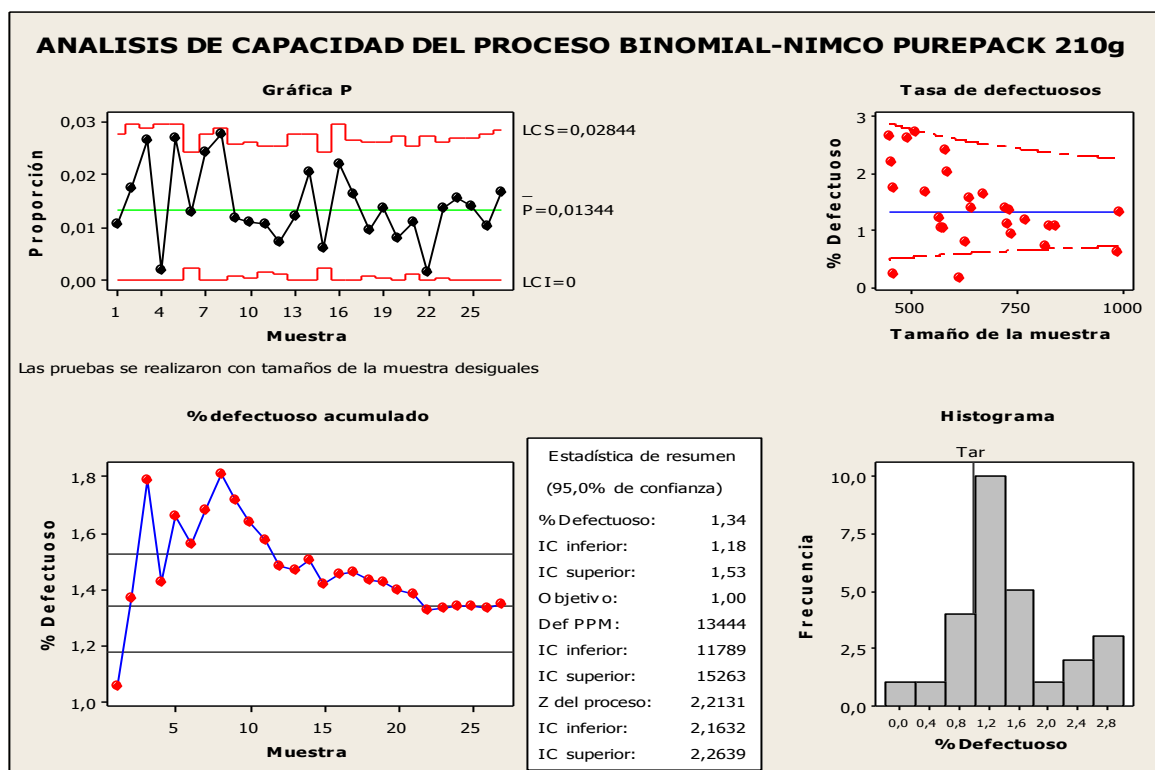
CRITERIOS DE EVALUACION								
GRUPOS	UP	DEFECTOS	SELLO	SELLO INFERIOR	FECHADO	VACIOS	MALA FORMACION	%
1	567	6	5				1	1,06
2	456	8	5			3	0	1,75
3	489	13	8				5	2,66
4	503	16	8			5	3	3,18
5	457	1	1				0	0,22
6	445	15	3		3		9	3,37
7	987	13	5	6			2	1,32
8	576	14	8				6	2,43
9	543	32	5			11	16	5,89
10	506	14	9				5	2,77
11	765	9	4				5	1,18
12	723	8	4			2	2	1,11
13	834	9	4				5	1,08
14	812	6	5			1	0	0,74
15	564	9	4		2		3	1,60
16	583	12	4				8	2,06
17	981	6	4			2	0	0,61
18	451	10	5			1	4	2,22
19	667	11	4				7	1,65
20	734	7	4				3	0,95
21	720	10	4			1	5	1,39
22	623	6	4		1		1	0,96
23	512	28	4			12	12	5,47
24	971	7	3	2	2		0	0,72
25	378	14	5				9	3,70
26	823	9	4	1		3	1	1,09
27	612	1	1				0	0,16
28	728	10	4			2	4	1,37
29	634	10	5				5	1,58
30	638	9	4			5	0	1,41
31	574	6	4				2	1,05
32	531	9	1				8	1,69
33	504	25	5				20	4,96
34	532	30	4		1	9	16	5,64
<b>TOTAL</b>	<b>21423</b>	<b>393</b>	<b>151</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>57</b>	<b>167</b>	<b>2,03</b>

### 3.2.2 Análisis de capacidad del proceso inicial

Luego de recopilar la información es importante conocer cómo se encuentra el proceso, con el objetivo de mantener o cambiar la meta del proyecto de acuerdo con los resultados preliminares. La medición de la capacidad del proceso, involucra varios cálculos y los límites de especificación, el grupo de trabajo utilizó para un mejor manejo y procesamiento de los datos el software Minitab 16.0.

Para la medición de la capacidad se utilizó el análisis binomial de la capacidad, para la cual se realizó la recolección de datos en subgrupos representativos de la salida del proceso (tabla 2), como ya lo mencionamos antes se realizó la recolección de 35 subgrupos de los cuales se utilizaron en el análisis 27 subgrupos.

**Grafica 1. Análisis de Capacidad del proceso**



**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Programa Minitab 16.0**

La grafica P muestra que la proporción de elementos defectuosos es estable y no hay puntos fuera de control, por lo tanto podemos verificar la estabilidad del proceso. La grafica de % defectuoso – acumulado tiende a la estabilidad lo que nos dice que la cantidad de grupos utilizados para el análisis de capacidad fueron suficientes, siendo estos 27 grupos con una media de 647 unidades en cada uno; el intervalo de confianza para el porcentaje de elementos defectuosos es de (1,18 – 1,53). Teniendo en cuenta el histograma presentado en el resumen del análisis, es posible confirmar que los datos siguen una distribución binomial. (Informes complementarios del análisis Anexo A.)

### **3.2.3 Cálculos DPU, DPO, DPMO.**

En la etapa de medición se pretende evaluar que tan capaz es el proceso sobre el que se está trabajando. Definir esta medida dentro de los procesos de producción es muy importante ya que este establece que tan productivas son las operaciones y que tan competitivo se es en el mercado.

Teniendo en cuenta lo anterior, los índices de capacidad del proceso de Yogurt Pure pak fueron:

- **DPU**

Para conocer el número de defectos por unidad, se hace la relación entre el número de defectos encontrados en un grupo de unidades inspeccionadas, dentro del proceso de producción en estudio se detectaron 393 unidades defectuosas, en un lote de 21. 423 unidades inspeccionadas, es decir,

**Total de unidades inspeccionadas: 17480**

Sello Superior: 117

Sello Inferior: 7



Fechado: 6

Vacíos: 20

Mal Sellado: 91

**Total defectos: 235**

Entonces,

$$DPU = \frac{235}{17480} = 0,013444 \text{ defectos por unidad}$$

- **DPO**

Se refiere a la relación entre el número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de defecto en las unidades inspeccionadas. Para conocer este indicador es necesario primero determinar el total de oportunidades (TOP). Entonces:

$$TOP = 17480 * 1 = 17480$$

$$DPO = \frac{225}{17480} = 0,013444$$

- **DPMO**

Se obtiene por la multiplicación del DPO por un millón, es decir:

$$DPMO = DPO * 10^6 = 0,013 * 10^6 = 13444$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente y conociendo el costo unitario del yogurt Purepack, que es de \$428, se dan a conocer las pérdidas monetarias que presenta la empresa por las unidades defectuosa que está arrojando el proceso de envasado de yogurt Purepack. Por cada millón de unidades producidas, las cuales, son aproximadamente la producción mensual de este proceso; se pierden \$ 5'754.032 pesos.

El nivel sigma en el cual se encuentra este proceso es de  $2\sigma$ ; esto no es nada alentador ya que se encuentra muy alejado del ideal  $6\sigma$ . El grupo de trabajo ha establecido un objetivo de mejora que el nivel sigma de  $4\sigma$ , teniendo en cuenta las condiciones que proceso, de la empresa y de la metodología a aplicar demandan

### **3.2.4 Validación del sistema de Medición**

En la etapa de inspección de producto terminado en el proceso de envasado de yogurt Pure pak, se tienen en cuenta varios criterios para la aceptación del producto, entre los cuales se encuentran el estado del sello superior e inferior, la fecha de vencimiento del producto y posibles filtraciones del líquido contenido. Esta operación de inspección es realizada por el operario y los ayudantes de la Nimco, esta actividad se lleva a cabo por medio de observación directa del producto que sale de la máquina y es depositado en los cestillos en donde es almacenado en las bodegas donde son preparados para la distribución. Es importante señalar que esta inspección se lleva a cabo de manera subjetiva,

teniendo en cuenta que los criterios de evaluación no tienen el mismo valor para un operario que para otro, lo que genera la oportunidad de reconocer un producto no conforme como conforme y viceversa, a pesar de las instrucciones y explicaciones dadas teniendo en cuenta las especificaciones del mercado y del consumidor, adicional a esto el tiempo de inspección para cada producto es muy limitado, haciendo aun mayor la posibilidad de encontrar productos no conformes en las manos del cliente.

Para evaluar la uniformidad y precisión del proceso de inspección en esta oportunidad se hizo un análisis de concordancia de atributos, en donde tres evaluadores calificaron dos veces la calidad de 30 unidades de producto terminados que se presentaron de manera aleatoria, la información obtenida se presenta en el anexo A, tabla 3, el grupo de trabajo era conocedor de la condición real del producto, es decir, si cumplía con los criterios de evaluación pasa o no pasa. En las figuras 1 y 2 se muestran los datos obtenidos luego de aplicar la prueba de validación del sistema de medición.

El análisis de concordancia de atributos se realizó a través de la herramienta estadística Minitab, usando las estadísticas de Kappa de Fleiss. En general, al comparar los resultados de todos los evaluadores vs. el estándar estas estadísticas muestran una concordancia adecuada siendo esta correspondiente al valor requerido por el análisis (figura 4), sin embargo en los resultados individuales por evaluador (figura 3), podemos identificar fallas, en las evaluaciones del evaluador 1 y el evaluador 3 coinciden de manera deficiente, sin embargo la evaluación del evaluador 2, no presenta los mejores resultados, teniendo en cuenta que el valor comúnmente requerido es un valor kappa de por lo menos 0.70; con base en estos resultados, es posible concluir que los tres evaluadores necesitan entrenamiento adicional, y fijándonos en las condiciones en las que se

realiza la inspección, nombradas anteriormente, es importante plantear soluciones que permitan a los evaluadores realizar una mejor inspección a los productos luego de que salgan de la máquina, procurando de esta manera, que lleguen al mercado la menor cantidad posible de productos no conformes.

**Figura 3. Concordancia de atributos - Individual por evaluador**

Acuerdo de evaluación

Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje
1	30	22	73,33
2	30	24	80,00
3	30	20	66,67

Evaluador	IC de 95%
1	(54,11. 87,72)
2	(61,43. 92,29)
3	(47,19. 82,71)

No. de coincidencias: El evaluador coincide consigo a través de las pruebas.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
1	NO PASA	0,457014	0,182574	2,50317	0,0062
	PASA	0,457014	0,182574	2,50317	0,0062
2	NO PASA	0,600000	0,182574	3,28634	0,0005
	PASA	0,600000	0,182574	3,28634	0,0005
3	NO PASA	0,333333	0,182574	1,82574	0,0339
	PASA	0,333333	0,182574	1,82574	0,0339

Transformación de Box-Cox

Evaluador	Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
1	NO PASA	0,457014	0,182574	2,50317	0,0062
	PASA	0,457014	0,182574	2,50317	0,0062

2	NO PASA	0,606987	0,176196	3,44495	0,0003
	PASA	0,606987	0,176196	3,44495	0,0003
3	NO PASA	0,333333	0,182574	1,82574	0,0339
	PASA	0,333333	0,182574	1,82574	0,0339

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab**

#### **Figura 4. Concordancia de atributos - Todos los evaluadores vs. el estándar**

Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
30	12	40,00	(22,66. 59,40)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden con el estándar conocido.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
NO PASA	0,710317	0,0745356	9,52991	0,0000
PASA	0,710317	0,0745356	9,52991	0,0000

Transformación de Box-Cox

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
NO PASA	0,711111	0,0740926	9,59760	0,0000
PASA	0,711111	0,0740926	9,59760	0,0000

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab**

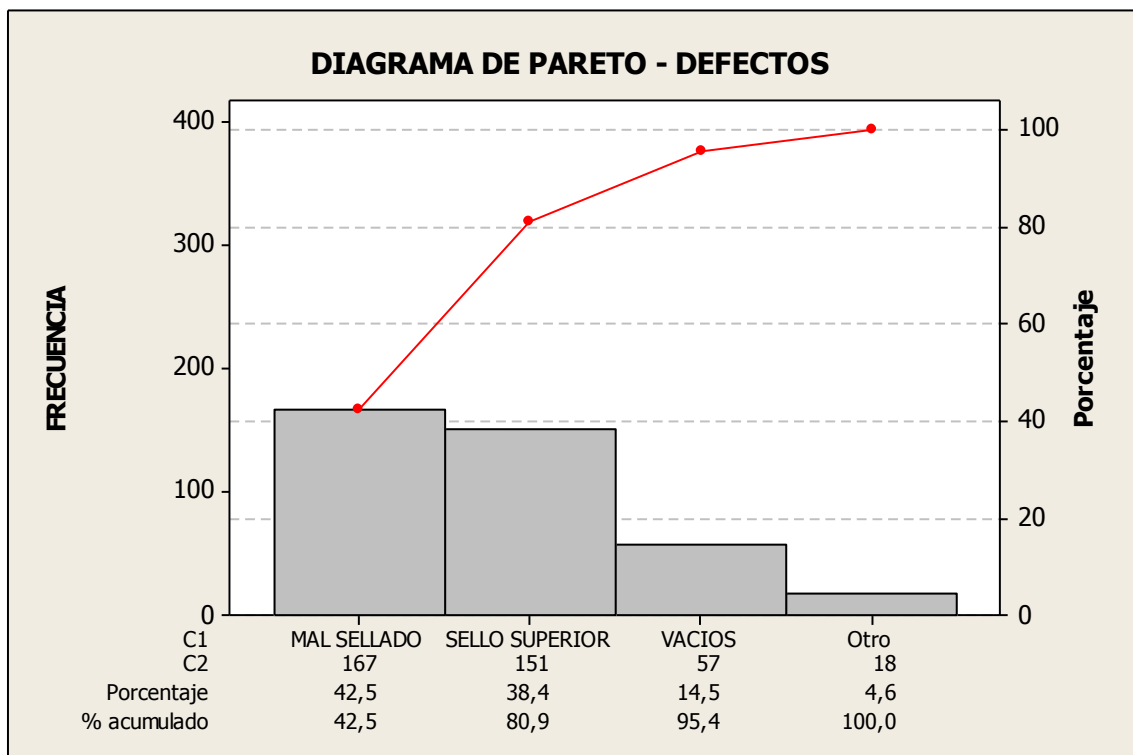
Los resultados complementarios de la prueba de concordancia de atributos se encuentran en el anexo B.

### 3.3 ANALIZAR

En esta etapa del DMAIC, se analizó la información recopilada en la etapa anterior por medio de pruebas estadísticas con el objetivo de priorizar las variables del proceso, es importante determinar cuáles de estas son vitales en el proceso, es decir, cuales causan mayor variabilidad y cuales son triviales para esta.

Luego de realizar la compilación de los datos y usando el diagrama de Pareto como herramienta estadística para presentar e identificar los defectos pocos vitales y muchos triviales del proceso, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Grafica 2. Diagrama de Pareto**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago    Programa Minitab**

Basándonos en la gráfica 2, es posible decir que el mal sellado y el sello superior son los defectos más relevantes y frecuentes dentro del proceso de envasado de yogurt, siendo esta la razón por la que se realizó la identificación de las causas raíz, estableciendo así variables que afecten el proceso permitiendo que se presente el defecto. Esta identificación de causas, se realizó por medio de observación directa al proceso, además de lluvias de ideas de las personas que interactúan diariamente con el proceso. De esta manera se presentan los cuadros de identificación de causas en los que se describen las variables que influyen en la ocurrencia del defecto estudiado, además de métodos de análisis que permitan determinar qué tan responsable o importante es la variable para el proceso, mostrando en definitiva cuales con las variables que podrían estar afectando en mayor o menor proporción el proceso.

Teniendo en cuenta el grafico 2, se realizara la identificación de causas para los dos defectos más importantes, como son el sello superior de la caja y el problema que se presenta con la mala formación de las mismas; evaluando las variables para cada uno de los casos. De esta manera se realizaron pruebas estadísticas que ayudaron a determinar la proporción en la que cada una afectaba el proceso.

### Identificación de Causa - Raíz

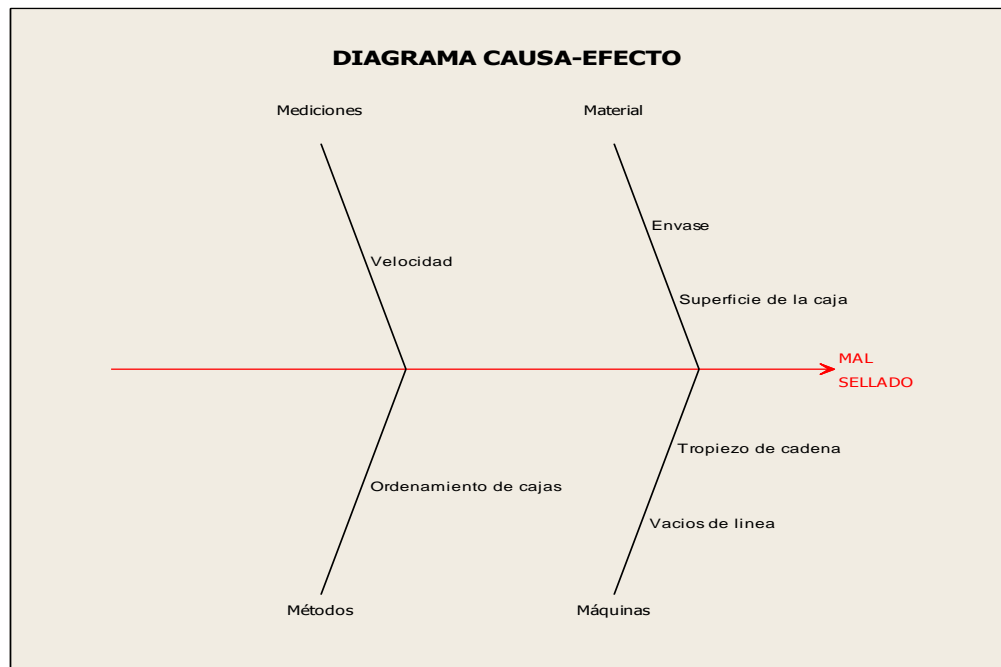
**Tabla 3. Identificación de Causas – Mala formación**

IDENTIFICACION DE CAUSAS			
Problema	Mala formación	Proceso productivo/servicio	Envasado de yogurt
Lista de causas			
Categoría	Causas	Descripción	Método de análisis
Material	Envase	Estado del material de la caja	ANOVA
Material	Superficie de la caja	Textura de la superficie de la caja	ANOVA
Máquinas	Vacios de línea	Cajas caídas de la banda	Análisis del proceso
Máquinas	Tropezco de cadena	Cajas mal posicionadas	Análisis del proceso
Mediciones	Velocidad	Velocidad de envasado programada	Prueba de Hipótesis
Métodos	Ordenamiento de cajas	Mala posición de cajas no armadas	Análisis del proceso

**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado Programa Microsoft Excel**

Basándonos en la tabla 3, se realiza el diagrama causa – efecto del defecto en estudio.

**Grafica 3. Diagrama causa-efecto**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab**



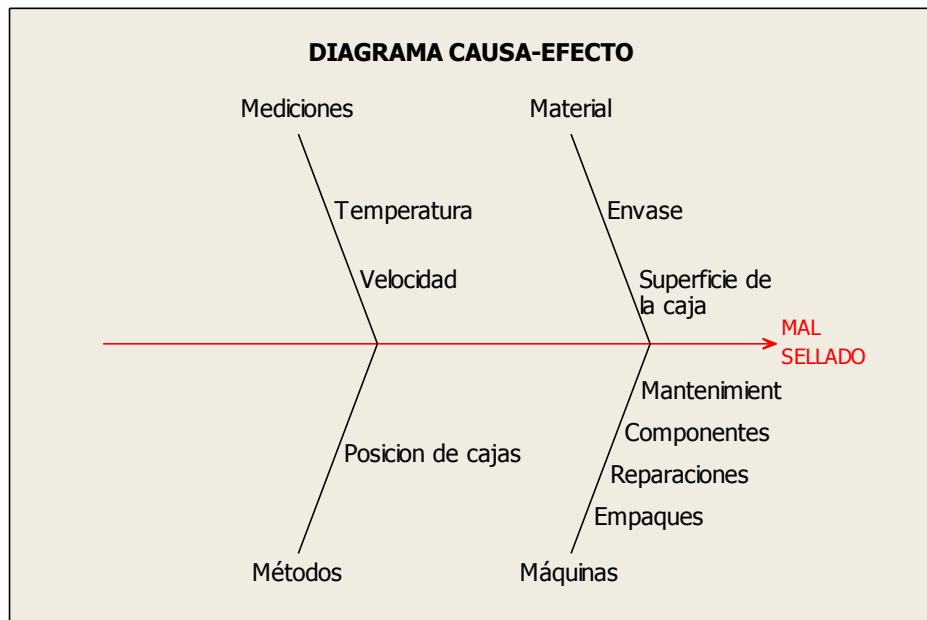
**Tabla 4. Identificación de causas – Sello superior**

IDENTIFICACION DE CAUSAS			
Lista de causas			
Categoría	Causas	Descripción	Método de Análisis
Material	Envase	Estado del material de la caja	ANOVA
Mediciones	Temperatura	Temperatura de la prensa	Prueba de % de defectuosos
Mediciones	Velocidad	Velocidad de envasado programada	Prueba de hipótesis
Máquinas	Empaques	Vida útil de los empaques y calidad de repuestos	Análisis del proceso
Máquinas	Reparaciones temps	Daños repetitivos	Diagnóstico del proceso
Máquinas	Componentes	Repuestos genéricos	Diagnóstico del proceso
Máquinas	Mantenimiento	No cumple con el plan de mantenimiento	Diagnóstico del proceso
Métodos	Posición de cajas	Mala posición de cajas no armadas	Diagnóstico del proceso

**Fuente. Victoria Diago – Valeria Mercado      Programa Microsoft Excel**

Basándonos en la tabla 4, se realiza el diagrama causa – efecto del defecto en estudio.

**Grafica 4. Diagrama causa-efecto**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago      Programa Minitab**

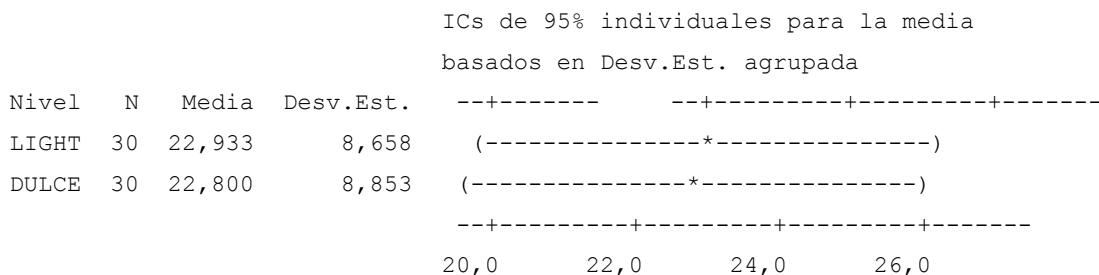
El análisis de medias, fue utilizado para comprobar de qué manera afectaba el envase y la superficie de las cajas a la mala formación y al sellado superior de las cajas durante el proceso de armado de las mismas, siendo estas variables compartidas por los dos defectos. Para este análisis se recolectó información de la cantidad de defectos que se generaban en el proceso de envasado de yogurt light Purepak y en el proceso de envasado de yogurt Purepak dulce, el cual se realiza en la misma máquina, pero las cajas utilizadas en el proceso son diferentes. Esta recolección de datos se realizó por intervalos de media hora durante 5 días, obteniendo una muestra de 30 subgrupos (Anexo C, tabla 1) por cada uno de los empaques. La finalidad de este análisis es comprobar que tanto influye el material en la presencia de los defectos.

Se ingresaron los datos a Minitab utilizando la herramienta estadística ANOVA, por medio de la cual se comparó la media de ambas muestras (light, dulce) con el fin de identificar una diferencia significativa en la cantidad de defectos arrojados para un material o para otro, es decir, se trató de identificar si con alguno de los materiales se evidenciaba una mayor cantidad de defectos.

**Figura 5. ANOVA unidireccional: LIGHT. DULCE**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	1	0,3	0,3	0,00	0,953
Error	58	4446,7	76,7		
Total	59	4446,9			

S = 8,756    R-cuad. = 0,01%    R-cuad. (ajustado) = 0,00%



Desv.Est. agrupada = 8,756

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
LIGHT	30	22,933	A
DULCE	30	22,800	A

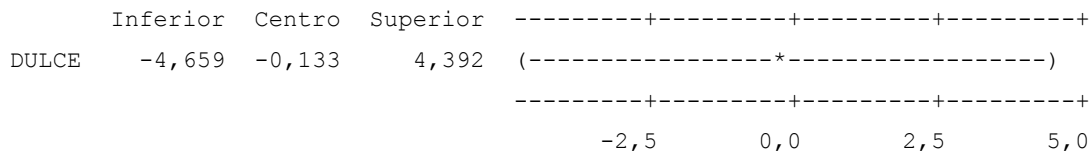
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%

Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 95,00%

Se restó LIGHT a:



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab**

Teniendo en cuenta esta información es posible afirmar que las medias de ambas muestras no son significativamente diferentes por lo tanto, no existe evidencia suficiente que demuestre que el material de las cajas donde se envasa el yogurt afecta directamente la ocurrencia de fallas en el sello superior o la mala formación de las cajas. Los datos y resultados complementarios se encuentran en el anexo C

Ahora, se realizó una prueba chi-cuadrada de porcentaje de defectuosos como método de análisis para determinar si el valor de la temperatura influye en el porcentaje de defectuosos que arroja el proceso, cuya hipótesis nula  $H_0$ : el % de defectuosos no tiene significancia; y una hipótesis alternativa  $H_i$ : el % de defectuoso es significativa. Para no afectar el proceso de producción, la toma de datos para el análisis de temperatura se realizó por un periodo de 15 minutos por cada cambio de temperatura a una velocidad de 110 CPM (cajas por minuto), por lo que es posible decir que el número teórico aproximado de cajas probadas en cada intervalo de tiempo fue de 1650 cajas. Es importante resaltar que la temperatura a la que nos referimos es la temperatura del cabeza izquierdo de la máquina, es decir, el cabezal en el que se realiza la operación de sellado superior de la caja, porque lo que esta prueba solo medirá la cantidad de defectos de sellado superior de las cajas encontrados en la inspección (tabla 6).

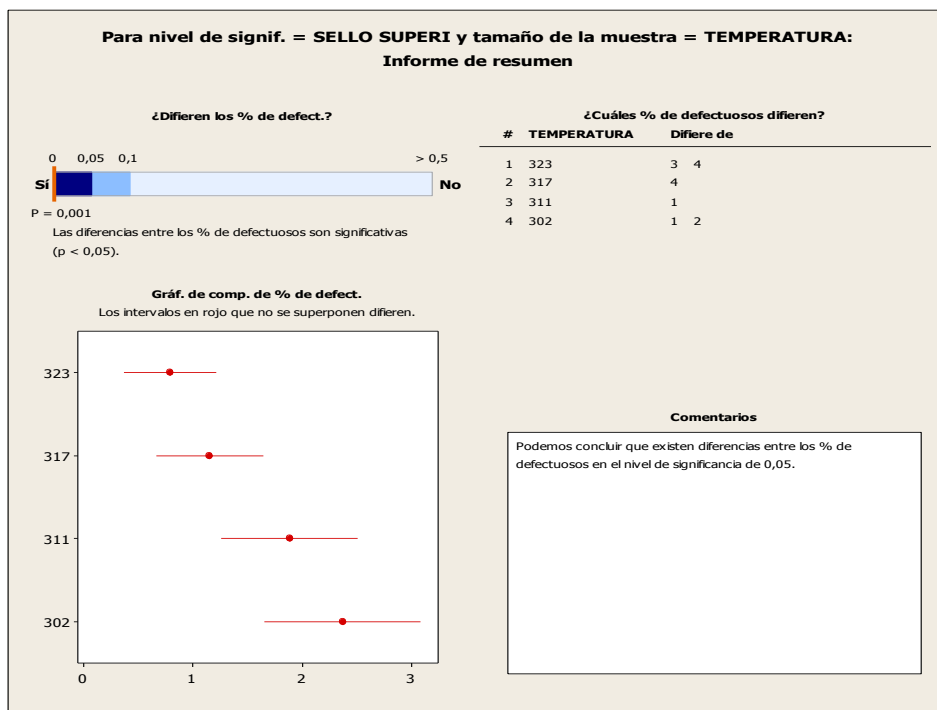
**Tabla 5. Recolección de datos Prueba Chi-cuadrada de % de defectuoso**

TEMPERATURA			
302	311	317	323
26	23	25	22

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago**

**Programa Microsoft Excel**

**Grafica 5. Prueba Chi-cuadrada de % de defectuoso – Sello superior**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago**

**Programa Minitab**

Teniendo en cuenta el valor p es posible afirmar que se descarta la hipótesis nula  $H_0$ , por lo que la diferencia del % defectuoso es significativa teniendo en cuenta la temperatura. También podemos concluir que la cantidad de defectos es inversamente proporcional a la temperatura, es decir, a mayor temperatura la cantidad de defectos disminuye notablemente. Los resultados complementarios de esta prueba se encuentran en el anexo D.

En cuanto al ordenamiento de las cajas y/o posición de cajas no se tendrá en cuenta debido a que se cuenta con personal capacitado y entrenado para esta labor, el operador de la maquina es quien realiza diaria y constantemente la operación por lo que posee la experiencia suficiente para efectuar correctamente

la operación, sin embargo en el caso que algunas de las cajas del paquete ingresado a la maquina no esté colocado al mismo nivel de las demás, la maquina al recibir y abrir las cajas en los brazos sostenedores gradúa la posición de la caja de manera que al pasar a la siguiente operación esta se encuentre en el lugar correcto.

Siguiendo con el análisis de las variables establecidas anteriormente y teniendo en cuenta los comentarios del operador de la máquina, los ayudantes, mecánicos, supervisores del área quienes por medio de una lluvia de ideas nos ayudaron a construir el diagrama causa efecto realizado a los defectos de mala formación y sello superior, es posible evidenciar que las mayor cantidad de causas y/o variables se desarrollan alrededor del funcionamiento o manejo de la máquina, entre estas encontramos las reparaciones temporales, los daños en los componentes de la máquina, la subutilización de los empaques y partes de la máquina, el uso de repuestos o componentes de referencias diferentes establecidas por la máquina, convirtiéndose así en los factores más influyentes en la ocurrencia de las perdidas y desperdicios durante el proceso de producción provienen más puntualmente del mantenimiento y manejo que se le da a la máquina.

Los departamentos de mantenimiento y producción realizan un programa de mantenimiento preventivo para las maquinas productivas de la Cooperativa, pero este programa de mantenimiento pocas veces se cumple, lo que genera que el mantenimiento que se realiza en la empresa sea en el mayor de los casos, correctivo. Teniendo en cuenta el uso diario de la máquina, según la programación establecida por el área de Producción en coordinación con Mantenimiento, semanalmente se debe realizar un lavado completo de la máquina, para desinfectar y evitar la acumulación de residuos causados por el uso constante del

equipo. Sumado a esto quincenalmente debe realizarse una revisión completa enfocada en la evaluación mecánica y eléctrica de la máquina, esto con el fin de prevenir cualquier falla en el sistema que lleve a la disminución de la calidad o paros en la producción. Debido a que no se cuenta con un cumplimiento puntual del programa de mantenimiento en las fechas estipuladas, ya que generalmente esta revisión solo se realiza en casos en los que se presentan fallas que no son posibles manejarlas de manera temporal.

El factor de mantenimiento influye directamente en que se presenten problemas con el cambio de repuestos, empaques o que se realicen las reparaciones comúnmente denominadas “apaga incendios”, que en muchas ocasiones son las principales causantes de daños mucho mayores en las máquinas. Un problema importante que afecta el sellado superior, es el desgaste de la prensa que realiza el sellado superior de la caja, esto se debe a que se utilizan componentes o repuestos que no son los indicados, con el propósito de continuar el proceso de producción, esto produce desperdicios de material y materia prima, debido a la calidad del producto terminado, además de paros innecesarios en la producción para realizar las reparaciones temporales que son realizadas a la máquina.

Además de los sellos, las chupas de agarre, que son las encargadas de halar las cajas y colocarlas dentro de la línea de producción, llevándolas de los brazos a la cinta transportadora, también presenta desgaste, provocando en la línea de producción caída de cajas, desperdicio de material y productos no conformes evaluados como mala formación de las cajas, ya que al caer una caja del sistema se genera un vacío en la línea que genera defectos en la cadena. Siguiendo con este tipo de problemas, la cadena con la que funciona la cinta transportadora, no es la adecuada para la máquina, generando problemas similares a los que se presentan con las chupas de agarre, al caer las cajas en la cinta transportadora,

en ocasiones estas tropiezan con la cadena, lo que produce un brinco en el sistema por lo que se presentan cajas vacías fuera de la línea y/o cajas llenas no selladas.

Una razón para justificar el uso de repuestos que no corresponden a los repuestos propios de la máquina, tiene que ver con el costo de mantenimiento en el que se incurre si se realiza la compra de los repuestos genéricos. De esta manera a las piezas y componentes usados para el mantenimiento de la máquina, se les realizan adaptaciones de manera que cumplan con las necesidades, permitiendo continuar con la programación establecida para la producción.

De esta manera es importante establecer medidas preventivas que minimicen la ocurrencia de mantenimientos correctivos en la máquina, procurando la disminución de paradas y eliminación de defectos.



### **3.4 MEJORAR**

Generalmente en esta etapa de la metodología DMAIC, se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora que se desencadenan de los análisis realizados en la etapa anterior. Se plantean diferentes alternativas de solución que permitan mejorar el desempeño del proceso, dando lugar a la disminución en la ocurrencia de errores producidos por la intervención de las variables antes mencionadas. Planteadas las mejoras tentativas incluidas en el plan de implementación dentro del proceso, ejecutado de manera piloto permitiendo así verificar la efectividad en la mejora, dando espacio para realizar modificaciones a lo planteado si es necesario.

Dentro del proceso de envasado de yogurt Pure Pak se evidenciaron varias oportunidades de mejora, una de ellas hacía referencia a la temperatura de sellado de las cajas, que está directamente relacionada con la no conformidad por sellado superior, al analizar la temperatura se determinó que se obtiene un sellado de mejor calidad al trabajar con temperatura superiores a los 323 grados centígrados. Por esta razón se realizó una prueba por medio de la cual fue posible establecer un intervalo de temperatura que permita mantener la calidad en el sellado de las cajas. En la tabla 6., se muestra la información obtenida. Esta prueba se realizó bajo condiciones similares a las que se usaron para la obtención de datos para la prueba de ANOVA, de esta manera, por un periodo de 30 minutos se mantuvo determinada temperatura a una velocidad de 110 CPM (cajas por minuto), por lo que es posible decir que el número teórico aproximado de cajas probadas en cada intervalo de tiempo fue de 3300 cajas.

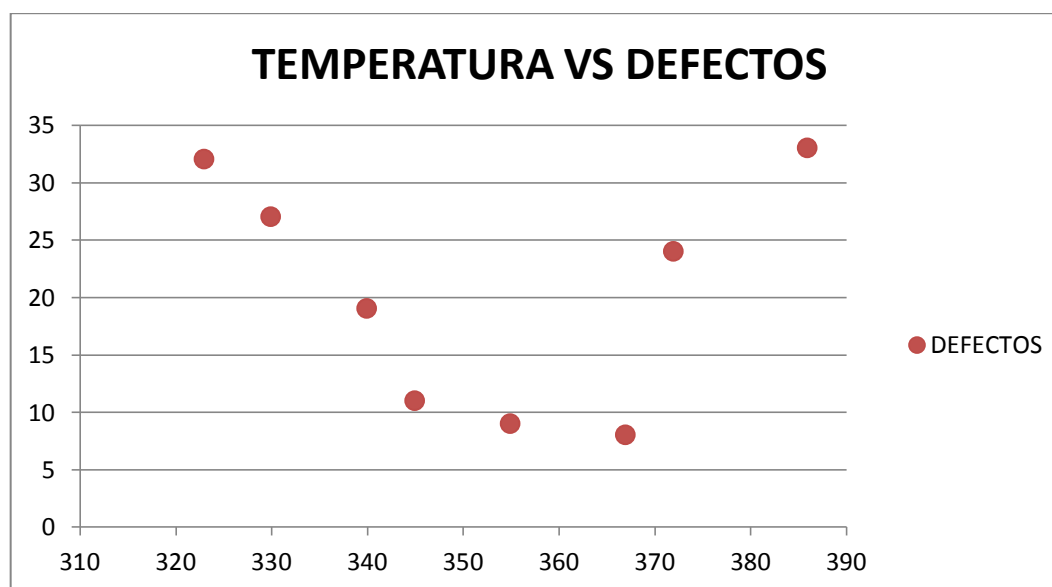
**Tabla 6. Recolección de datos. Temperatura vs Defectos**

<b>TEMPERATURA</b>	<b>DEFECTOS</b>
323	32
330	27
340	19
345	11
355	9
367	8
372	24
386	33

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago      Programa Microsoft Excel**

Teniendo en cuenta los datos recolectados luego de realizar las pruebas de temperatura, con el propósito de establecer un margen o rango de confort en el que se pueda manejar de manera satisfactoria la calidad de los productos, basándonos en la cantidad de defectos arrojados por la maquina con determinada temperatura se realizó un gráfico en el cual se observa las variaciones en la ocurrencia de defectos según los cambio de temperatura.

**Grafica 6. Temperatura VS Defectos**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago    Programa: Microsoft Excel**

Según el grafico es posible afirmar que la maquina se encuentra en un intervalo aceptable cuando usamos temperaturas que van de los 345 a los 370 grados centígrados, registrando luego un aumento en la generación de defectos dado que la temperatura elevada quema las cajas al realizar el sellado, por lo que se presenta otra no conformidad. De esta manera, se informó al equipo de trabajo que el intervalo de comportamiento estable de defectos en relación con la temperatura va de 345°-370° C, permitiendo obtener un margen de defectos menor al presentado durante las etapas anteriores del proyecto.

El grupo de trabajo presenta alternativas para el mejoramiento en cuento a la variación que encontrada en el proceso por causas de las variables relacionadas con el funcionamiento y manejo de la máquina, es importante resaltar que los resultados de estas propuestas de mejoramiento no podrán ser evaluadas ya que

se presentaron limitantes ajenos al grupo de trabajo y al proyecto como tal, relacionadas con la políticas internas de la empresa.

[8]Basándonos en los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM) se propone la realización de las siguientes actividades para el mejoramiento del rendimiento de la maquina:

1. Plan de Mantenimiento Preventivo: Se propone establecer un cronograma de mantenimiento por medio del cual de manera permanente se realice la revisión de la máquina, conocer el estado de los componentes y establecer las especificaciones mínimas permitidas por el área de mantenimiento y producción que determinen la funcionalidad de las partes, esto con el objetivo de intervenir en todos los componentes de manera periódica, teniendo en cuenta la vida útil de cada uno ellos, las recomendaciones del fabricante y las condiciones de uso específico que se le da a la máquina. A continuación se presenta un formato en el que se debe registrar la frecuencia, las condiciones en las que se encuentra la máquina, el tipo de intervención que esta requiere y cumplimiento del mantenimiento realizado.

**Tabla 7. Plan de Mantenimiento Preventivo**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
<b>NOMENCLATURA</b>					
<b>FRECUENCIA:</b> Anual (A) - Semestral (S) - Trimestral (T) - Mensual (M) - Semanal (Se) - Diario (D)					
<b>TIPO DE TRABAJO:</b> Eléctrico (Elec) - Mecánico (Mec) - Orden y limpieza (OyL)					
MÁQUINA:	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	NOMBRE DEL TECNICO	DURACION ESTIMADA (H)	OBSERVACIONES
COMPONENTE					

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Microsoft Excel**

2. Plan de Mantenimiento autónomo: este plan de mantenimiento depende principalmente del conocimiento y el manejo del operador sobre la máquina, de esta manera, en coordinación con el área de mantenimiento de la empresa, es importante realizar capacitaciones al personal del proceso de envasado, que les permitan realizar de forma concreta operaciones específicas relacionadas con el mantenimiento de la máquina y la realización de trabajos de mantenimiento liviano, de esta manera se evitara paros innecesarios del equipo y demoras en el proceso ocasionados por la disponibilidad de técnicos especializados. Este mantenimiento autónomo debe ir de la mano con un programa de orden y limpieza, por medio de inspecciones preventivas en el área de trabajo que garantice óptimas condiciones de operación en la máquina.

3. Plan de Mantenimiento progresivo: con este plan de mantenimiento se busca establecer una negociación con el proveedor directo de la máquina, la empresa Tetra pak, encaminada a la mejora progresiva del equipamiento de la máquina, a través de acciones de mejora correctivas y preventivas; en donde se realicen estudios de viabilidad, financieros y rentabilidad por los resultados obtenidos.
4. Realizar una revisión exhaustiva de los componentes mecánicos de la máquina, con el propósito de evaluar la posibilidad de hacer uso óptimo de la máquina, es decir, poder utilizarla al 100% de su capacidad de producción, haciendo el proceso mucho más productivo y rentable.
5. Para mejorar las condiciones de la inspección del producto terminado, se propone la implementación o adición a la máquina de un componente que permita una mejor visualización de los productos envasados que salen de la máquina, de manera que se minimice la posibilidad de que lleguen al mercado productos no conforme.

### 3.5 CONTROLAR

En esta fase del ciclo se establecen métodos de control con el objetivo de mantener los resultados obtenidos luego de la implementación de las mejoras en el proceso, de manera que no se generen variaciones que afecten la calidad del producto. En esta oportunidad el grupo de trabajo propone la aplicación de los siguientes controles según las variables que afectan el proceso.

1. En cuanto al control de la temperatura del cabezal izquierdo de la máquina, sería recomendable la instalación de un sistema que se active en el momento en el que la temperatura de los sellos se encuentre por debajo o por encima del límite establecido luego del análisis de los datos, correspondiente al intervalo de 345° - 370° centígrados.
2. Para el control del Mantenimiento Autónomo se establece un programa de inspección quincenal, en el que se verifique que las actividades programadas en la maquina se estén llevando a cabo. La importancia de este programa radica en que al ser actividades rutinarias y ejecutadas antes, durante y/o después del proceso de producción por operador de la máquina, requieren una mayor supervisión por parte de los jefes inmediatos procurando no perjudicar el normal funcionamiento de la máquina.
3. Basándonos en el formato del plan de mantenimiento preventivo , se propone manejar indicadores de rendimiento como: tiempo invertido mantenimiento preventivo vs tiempo invertido mantenimiento correctivo, cumplimiento del programa de mantenimiento, reparaciones eléctricas vs reparaciones mecánicas.

4. Para garantizar la participación activa en el comité de mejoramiento de las partes involucradas, se presenta un formato de asistencia por medio del cual se registre el cumplimiento de las actividades por parte del personal.

**Tabla 8. Formato de Asistencia Comité para el mejoramiento**

CONTROL DE ASISTENCIAS COMITÉ PARA EL MEJORAMIENTO			
FECHA:			
TEMA PRINCIPAL:			
NOMBRE	AREA DE TRABAJO	JORNADA DE TRABAJO	OBSERVACIONES

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Microsoft Excel**



#### **4. CONCLUSION**

La implementación de proyectos encaminados al mejoramiento de procesos en las empresas permite que se obtengan beneficios en ambas direcciones, tanto para el cliente como consumidor de productos y servicios de calidad, como para las organizaciones como entes financieros y posicionamiento en el mercado.

Luego del desarrollo de este proyecto en la Cooperativa de productores de leche de la costa Atlántica Ltda., se identificaron grandes oportunidades de mejora, permitiendo la aplicación de herramientas específicas que han sido utilizadas en empresas de gran éxito a nivel mundial y que han generado resultados satisfactorios y grandes beneficios para las organizaciones. Dentro de las herramientas propuestas durante la ejecución y planeación del proyecto de aplicación se encuentra los planes y programas de mantenimiento correctivos y preventivos, herramientas estadísticas y sistemas de control basadas en ellas, que hicieron el trabajo de análisis del proyecto más eficiente.

Un proyecto de este tipo, no podría arrojar buenos resultados si no se cuenta con el compromiso total de la gerencia ya que son ellos los encargados del manejo de los recursos y toma de decisiones. A demás es vital concientizar al personal involucrado en el proceso, creando una cultura de mejora continua que lleve diariamente a la empresa a la permanencia en el mercado de manera exitosa.

A pesar de que la implementación del proyecto presento limitaciones para la ejecución de la mejoras propuestas, se pudo evidenciar con la ayuda de los operarios durante la realización de las pruebas analíticas, que las propuestas pueden generar grandes resultados, ya que se evidencio un alto grado de

compromiso y colaboración por parte de los operarios de producción involucrados en el proceso de envase de yogurt Pure pak.

De esta manera es posible resaltar la importancia de estos proyectos dentro de las empresas y en el desarrollo de los futuros profesionales que ingresa a la industria, permitiendo con esto la aplicación de los conocimientos y la obtención de experiencia dentro del campo en el que se desempeñaran en su carrera laboral.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

Pande, P. Neuman, R. Cavanagh, R. 2000. The Six Sigma Way – Quality Management. Edic. 1, Vol.1 EEUU. McGraw.Hill

Sung. H. Park. 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Serie 32. Japon Published by Asian Productivity Promotion.

Pande, P. Neuman, R. Cavanagh, R. 2000. A powerful strategy for sustained success: the benefits of six sigma. Copyright. The Six Sigma Way :Quality Management. EEUU. McGraw.Hill

Sung. H. Park. 2003. Six Sigma Framework: DMAIC Process. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Serie 32. Japon Published by Asian Productivity Promotion.

Pande, P. Neuman, R. Cavanagh, R. 2000. Some six Sigma Success stories: Motorola. . Copyright. The Six Sigma Way :Quality Management. EEUU. McGraw.Hill

Sung. H. Park. 2003. Six Sigma Experiences and Leadership: General Electric: The Missionary of Six sigma. Japon. Asian Productivity Promotion.

Escudero, A. 2007. Implantación de la Filosofía TPM en una Planta de Producción y Envasado. Proyecto fin de carrera no publicado. UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, Madrid.

Escudero, A. 2007. Capitulo II Filosofía TPM: Los ocho pilares del TPM. . Implantación de la Filosofía TPM en una Planta de Producción y Envasado. UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA, Madrid

## **6. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA**

Rodríguez, R. 2012. Uso de normas APA en citas y referencias bibliográficas. SlideShare. Recuperado de <http://www.slideshare.net/renatarodrigues/uso-de-normas-apa-para-citas-y-referencias>

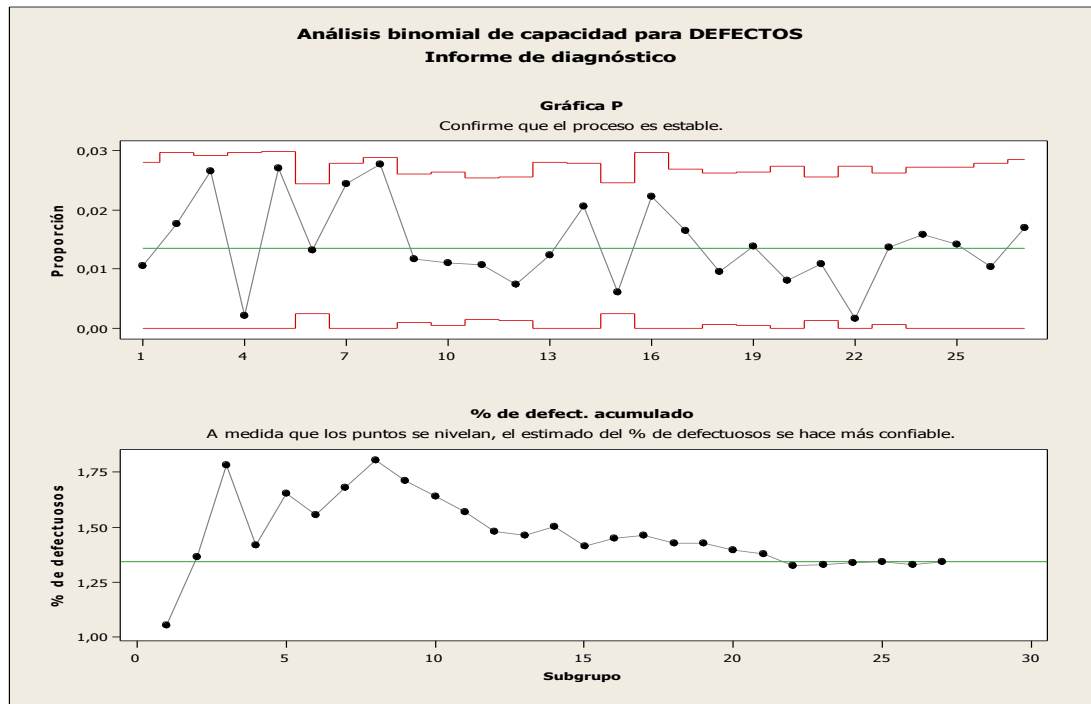
Timaná, J. 2009. Prueba de Hipotesis y Relaciones estadísticas. Notas de Clase. Universidad ESAN. Peru. Recuperado de <http://es.slideshare.net/jtimana/prueba-de-hipotesis-y-relaciones-estadisticas>

[GERENCIE.COM](http://www.gerencie.com). 2013 Sobre la productividad [En línea] <<http://www.gerencie.com/sobre-la-productividad.html>

**ANEXOS**

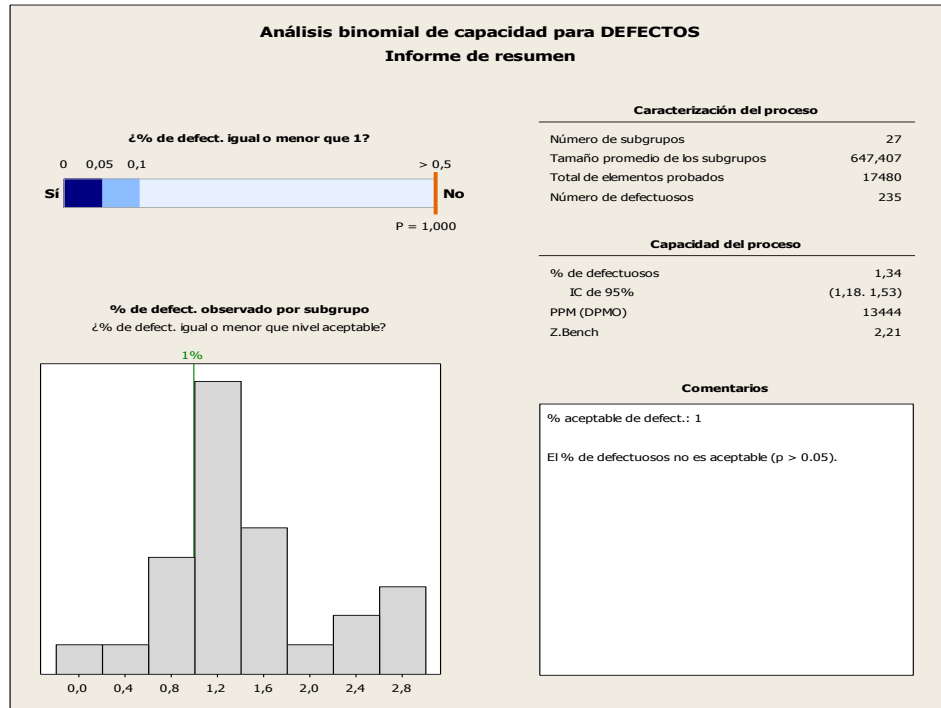
## ANEXO A

**Grafica 1. Análisis binomial de capacidad – Informe de Diagnostico**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago    Programa Minitab 16.0**

**Grafica 2. Analisis binomial de capacidad – Informe de resumen**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago      Programa Minitab 16.0**

## ANEXO B

**Figura 1. Análisis de concordancia de atributos para Resultados.**

### Entre evaluadores

Acuerdo de evaluación

No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
30	12	40,00	(22,66. 59,40)

No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden entre sí.

Estadísticas Kappa de Fleiss

Respuesta	Kappa	Error estándar de Kappa	Z	P(vs > 0)
NO PASA	0,501237	0,0471405	10,6328	0,0000
PASA	0,501237	0,0471405	10,6328	0,0000

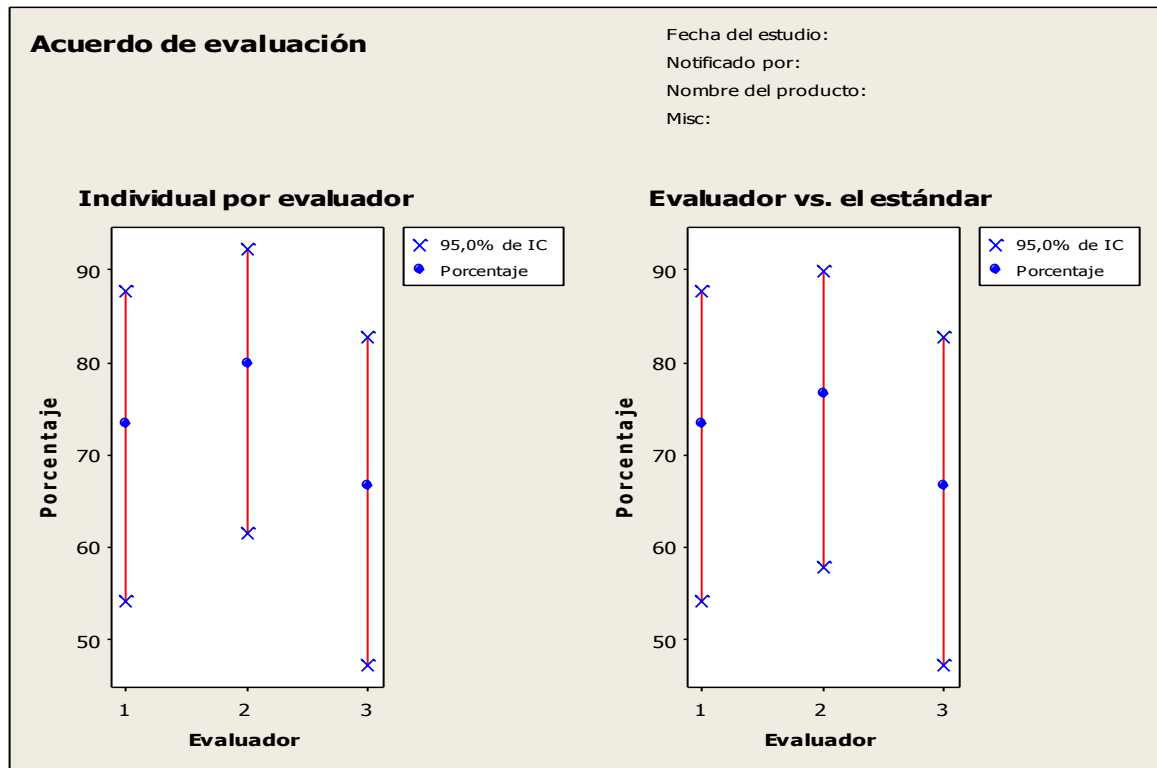
Transformación de Box-Cox

Debe tener dos evaluadores y un ensayo individual por evaluador para calcular Kappa.

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab 16.0**



**Grafica 1. Resumen de análisis de concordancia de atributos**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab 16.0**

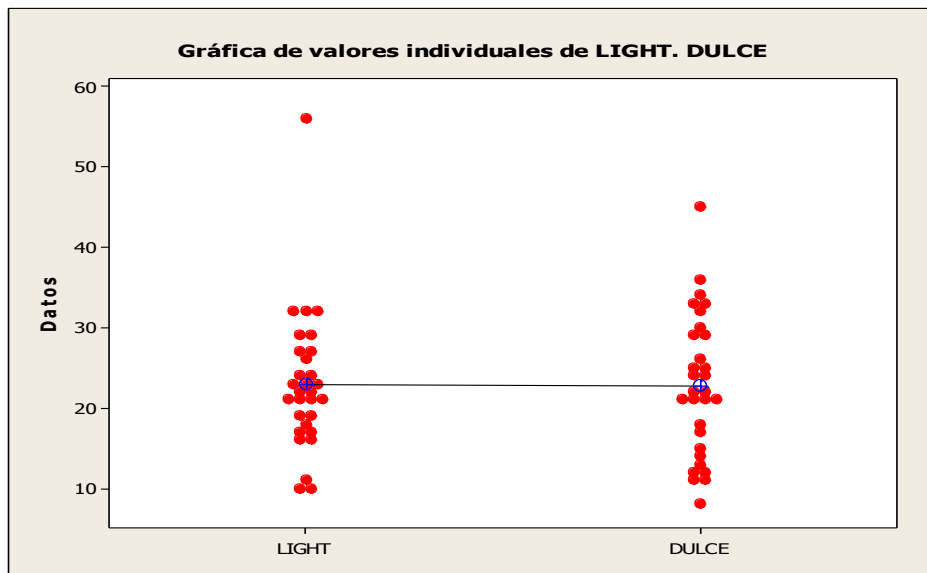
## ANEXO C

**Tabla 1. Formato de recolección de datos ANOVA**

COMPARACION DE MUESTRAS		
SUBGRUPO	LIGHT	DULCE
1	32	34
2	24	29
3	56	45
4	23	33
5	21	29
6	21	21
7	23	30
8	19	24
9	10	21
10	18	12
11	32	22
12	23	8
13	17	11
14	16	32
15	21	22
16	32	12
17	16	25
18	10	21
19	11	24
20	27	15
21	24	36
22	27	11
23	17	13
24	19	25
25	22	17
26	29	26
27	26	33
28	21	14
29	29	18
30	22	21

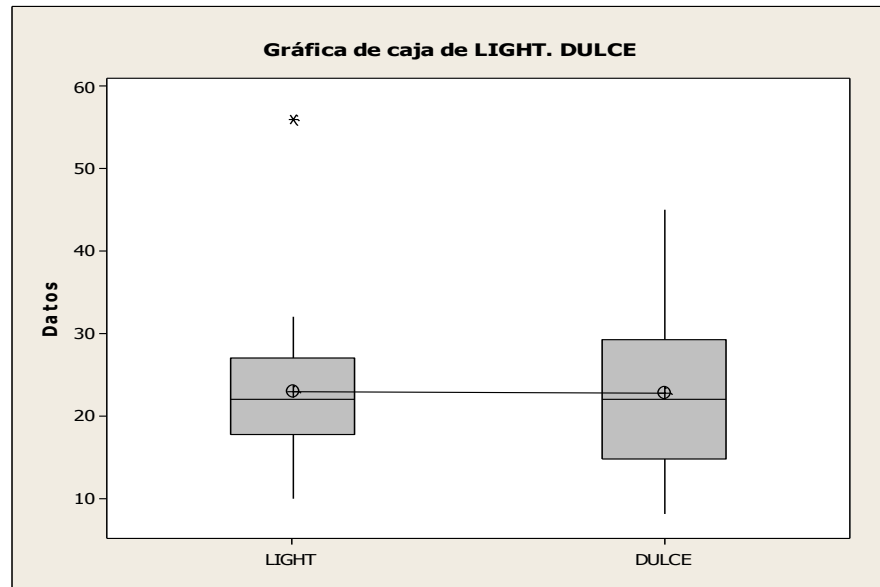
**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago – Programa Microsoft Excel**

**Grafica 1. Grafica de Valores individuales de LIGHT-DULCE**



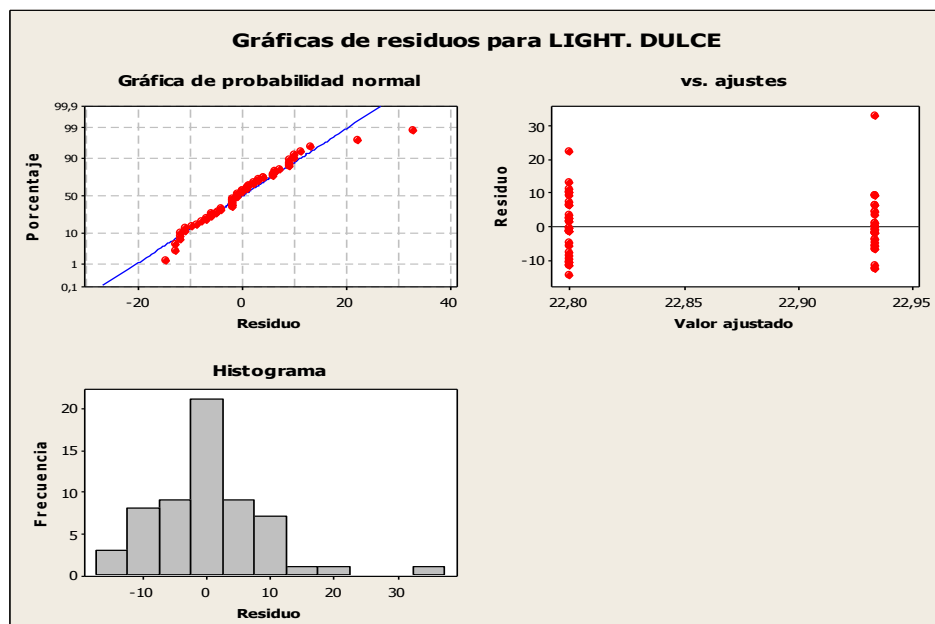
**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab 16.0**

**Grafica 2. Grafica de Caja de LIGHT.DULCE**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab 16.0**

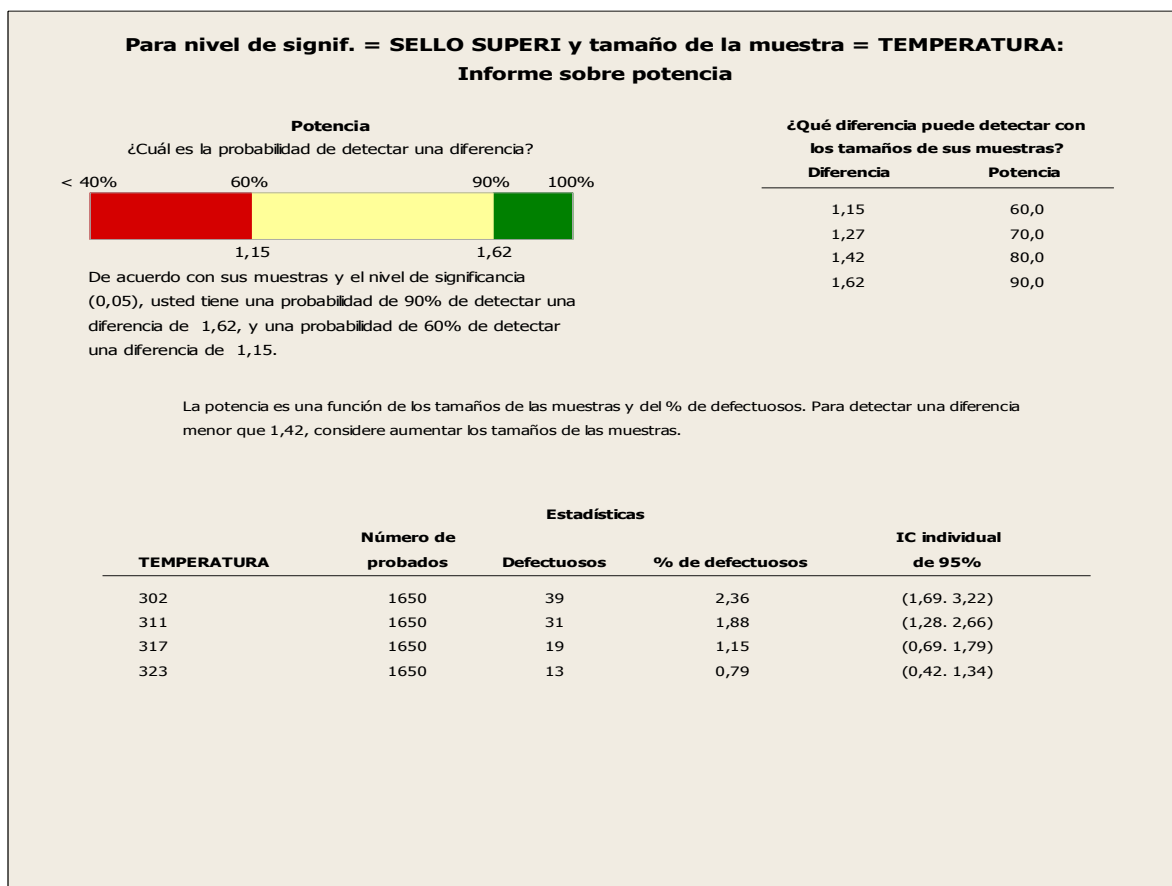
**Grafica 3. Grafica de residuos para LIGHT. DULCE**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago Programa Minitab 16.0**

## ANEXO D

**Grafica 1. Informe sobre potencia**



**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago      Programa Minitab 16.0**

## Grafica 2. Informe de diagnostico

**Para nivel de signif. = SELLO SUPERI y tamaño de la muestra = TEMPERATURA:  
Informe de diagnóstico**

### Número de elementos defectuosos y no defectuosos

TEMPERATURA	Defectuosos		No defectuosos	
	Observado	Esperado	Observado	Esperado
302	39	25,5	1611	1625
311	31	25,5	1619	1625
317	19	25,5	1631	1625
323	13	25,5	1637	1625

\* Indica una violación.

- Para asegurar la validez de la prueba, el número esperado de defectuosos y no defectuosos debería ser de por lo menos 1,5.
- Para asegurar la validez de los intervalos de comparación, el número observado de defectuosos y no defectuosos debe ser de por lo menos 5.

**Fuente: Valeria Mercado – Victoria Diago    Programa Minitab 16.0**